



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**MOŽNOSTI ZNEŠKODNĚNÍ NEBO VYUŽITÍ
DEŠŤOVÝCH VOD V NOVĚ BUDOVANÉM VÝROBNÍM
AREÁLU**

WAYS OF RAIN WATER DISPOSAL OR REUSE IN THE NEWLY BUILT PRODUCTION
COMPOUND NEAR THE HODEJICE VILLAGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

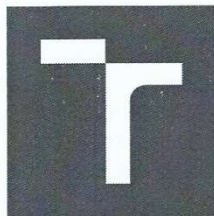
Stanislav Kabátek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA HYÁNKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2018



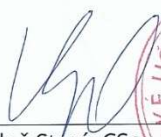
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

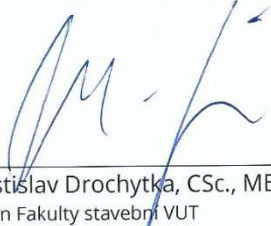
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Stanislav Kabátek
Název	Možnosti zneškodnění nebo využití dešťových vod v nově budovaném výrobním areálu
Vedoucí práce	Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017


prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu


prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT



PODKLADY A LITERATURA

ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod

VRÁNA, J. Dimenzování zařízení pro využití šedé a dešťové vody. In 16. mezinárodní konference Sanhyga Piešťany 2011. TZB SvF STU Bratislava, 2011, s. 77-82.

DUCHAN, David, Jaromír ŘÍHA a Zbyněk ZACHOVAL. Hydraulické aspekty infiltrace dešťových vod: hydraulika vsakování dešťových vod. Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-214-5017-2.

ENINE RAGAB, Ragab Abou el. Infiltration of water in soils under trickle irrigation: validation of parameters, simulation and experimental verification. Leuven: Katholieke Universiteit, 1982.

HLAVÍNEK, Petr, Petr PRAX a Jiří KUBÍK. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC, c2007. ISBN 978-80-86020-55-6.

BÖSE, Karl-Heinz. Dešťová voda: pro dům a zahradu. Ostrava: HEL, 1999. ISBN 80-86167-08-9.

ŘÍHA, Jaromír. Stanovení parametrů pro návrh vsakovacích zařízení srážkových vod: metodická příručka. Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2015. ISBN 978-80-214-5246-6.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude z části koncipována jako literární rešerše v oblasti zasakování, akumulace a dalšího využití dešťových vod ze střech a zpevněných ploch. Rozebrány budou jednotlivé systémy, možnosti a vhodnost jejich použití.

Druhou částí práce bude aplikace získaných poznatků pro vypracování studie hospodaření s dešťovou vodou v objektu nově budovaného výrobního areálu v blízkosti obce Hodějice.

Bude vybrána nejvhodnější varianta pro tento areál a zpracováno detailní technické řešení.


Studie bude obsahovat jak textovou, tak výkresovou část, v rozsahu dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


Ing. Eva Hyánková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

ABSTRAKT

Úkolem této práce je vyřešit nakládání s dešťovou vodou, která bude díky plánované výstavbě výrobní haly v obci Hodějice zachycena na střeše a na zpevněných plochách. Odtok této dešťové vody může zahltit propustek pod železniční tratí. Vyřešení nakládání s dešťovou vodou je podmínkou pro získání stavebního povolení. Řešením je systém vsakovacích bloků s regulovaným odtokem, který zajistí retenci a nenavýšení původního dešťového odtoku z pozemku. K vyřešení je využito manuálního výpočtu podle normy ČSN 75 9010 a programu výrobce ASIO. Přínosem této práce je návrh systému pro automatickou závlahu vegetace na pozemku a systému pro případnou údržbu a mytí techniky. Tím se dešťová voda, která by jinak otekla, smysluplně využije.

KLÍČOVÁ SLOVA

Voda, odpadní voda, dešťová voda, vsakování, využití

ABSTRACT

The task of this work is to solve rainwater management, which will be captured on the roof and on the paved areas due to the planned construction of the production factory in Hodějice village. Outflow of rainwater could glut culvert beneath railway line. Resolving rainwater management is a prerequisite for obtaining a building permit. The solution is a system of infiltration blocks with controlled drainage, which ensures the retention and not-increasing of the original rain outflow from the land. For solution manual calculation according to ČSN 75 9010 and the application from the ASIO manufacturer is used. The benefit of this work is the design of a system for automatic irrigation of vegetation on land and a system for eventual maintenance and washing of technical equipment. This will use the rainwater that would otherwise outflow meaningfully.

KEYWORDS

Water, wastewater, rainwater, infiltration, reuse

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Stanislav Kabátek *Možnosti zneškodnění nebo využití dešťových vod v nově budovaném výrobním areálu u obce Hodějice*. Brno, 2018. 55 s., 4 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Eva Hyánková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2018

Stanislav Kabátek

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucí své bakalářské práce paní Ing. Evě Hyánkové, Ph.D. za poskytnuté materiály a věcné rady při zpracovávání této bakalářské práce. Dále děkuji zástupcům společnosti ASIO za poskytnuté materiály.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	CÍLE PRÁCE	11
2.1	Teoretická část.....	11
2.2	Praktická část.....	11
3	DRUHY ODPADNÍCH VOD	12
3.1	Splaškové odpadní vody	12
3.2	Šedá voda	12
3.3	Černá voda	13
3.4	Provozní voda	13
3.5	Bílá voda	13
3.6	Užitková voda.....	13
3.7	Povrchová voda.....	13
3.8	Srážkové vody.....	13
3.9	Srážkové povrchové vody.....	13
4	DEŠŤOVÉ VODY	14
4.1	Množství dešťových vod	14
4.2	Složení a kvalita dešťových vod.....	15
4.2.1	Znečištění z atmosféry.....	16
4.2.2	Znečištění vzniklé kontaktem s povrchem	16
4.2.3	Biologické znečištění.....	16
4.2.4	Chemické složení dešťové vody	17
4.3	Úprava dešťových vod.....	17
4.3.1	Sedimentace.....	18
4.3.2	Filtrace.....	19
4.3.3	Odloučení lehkých kapalin.....	20
4.3.4	Požadavky na akumulaci dešťových vod	20
4.3.5	Požadavky na retenční nádrže	21
5	MOŽNOSTI VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD.....	23
5.1	Zavlažování.....	23
5.2	Praní.....	24
5.3	Splachování.....	24
5.4	Údržba.....	24
5.5	Vsakování.....	25
6	VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD	26
6.1	Požadavky na vsakování	26

6.2	Legislativa.....	27
6.3	Možnosti technického řešení zasakování	28
6.4	Požadavky na geologický průzkum pro vsakování.....	29
6.4.1	Všeobecné.....	29
6.4.2	Průzkumné vrtý	29
6.4.3	Odběry vzorků.....	30
6.5	Součinitel odtoku srážkových povrchových vod.....	30
7	PRAKTICKÁ ČÁST	31
7.1	Popis řešené lokality a současný stav	31
7.1.1	Popis území.....	31
7.1.2	Geologie.....	33
7.1.3	Srážkové poměry.....	33
7.1.4	Odtok srážkových vod z řešeného území	34
7.2	Navrhovaná řešení.....	36
7.3	Určení maximálního odtoku z pozemku po stavbě	36
7.3.1	Stanovení povrchového dešťového odtoku po stavbě.....	36
7.4	Návrh vsakovacích bloků	39
7.4.1	Dle normy ČSN 75 9010	39
7.4.2	Výpočet podle programu výrobce ASIO	42
7.4.3	Porovnání výsledků ručního výpočtu a výsledků z programu výrobce ASIO a rekapitulace návrhových parametrů vsakovacích bloků.....	43
7.5	Zavlažování a údržba.....	44
7.6	Rekapitulace funkce systému	49
8	ZÁVĚR	50
9	POUŽITÁ LITERATURA.....	51
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	54
	SEZNAM PŘÍLOH	55

1 ÚVOD

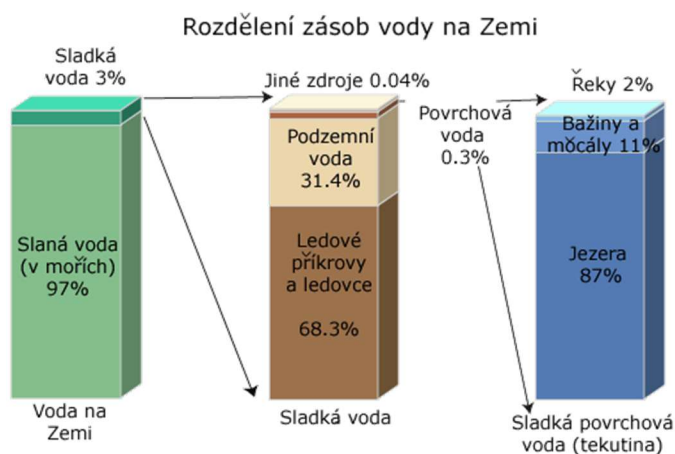
Voda je jednou z nejdůležitějších látek pro existenci života na Zemi. Velké civilizace se od nejvzdálenější minulosti usazovaly podél vodních toků, které jim dávaly vodu pro svou obživu, později začaly sloužit i jako dopravní cesty a dnes stavíme vodní díla, abychom ovládali jak pozitivní, tak negativní účinky vody.

Dnes pomalu zjišťujeme, že bude nezbytně nutné změnit způsob, jakým využíváme vodu. Začínáme cítit vliv silných období sucha nebo naopak silnějších povodní, které ve výsledku vedou k nedostatku vody.

Podle převážné většiny scénářů bude vody v blízké budoucnosti ubývat a bude ekonomicky daleko náročnější zabezpečit dostatek vody pro všechny obyvatele. Proto bychom se měli zamyslet nad alternativními zdroji vod. Tyto zdroje již dnes používají některé země s omezenými zásobami sladké pitné vody. Podle organizace WHO (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>) do roku 2025 bude žít polovina obyvatel v oblasti s nedostatkem vody.

V Česku nedostatkem pitné vody netrpíme, až na některé období sucha, kdy se v některých lokalitách díky vysychání koryt řek ztenčuje zásoba pitné vody. Na světě již existují oblasti, kde nedostatkem netrpěli, ale vlivem změn klimatu byli nuceni přehodnotit využívání pitné vody. Proto je potřeba se zamyslet nad využíváním pitné vody i u nás.

Nabízí se odsolování mořské vody (v ČR nepoužitelné), využití vyčištěných odpadních vod, využívání odpadních vod přímo v místě jejich vzniku (šedé vody), využívání vody vzniklé kondenzací a vsakování a využívání dešťových vod, proto se tato práce věnuje poslednímu jmenovanému.



Obr. 1 Rozdělení zásob vody na Zemi [5]

2 CÍLE PRÁCE

2.1 TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část se věnuje problematice hospodaření s vodou, jak dělíme zdroje našich vod. Vody rozdělíme podle české státní normy do odpovídajících kategorií a stručně popíšeme jejich charakter. Pak se zaměříme na dešťovou vodu samotnou, její množství v České republice, její kvalitu a možné znečištění. Znečištění rozebereme podle vzniku. Dále si popíšeme, jak se dešťové vody dají čistit, podrobně popíšeme metody. Poté se zaměříme na možnosti využití dešťové vody, ukážeme si nejčastější způsoby využití. Dále se zabývá podrobně vsakováním, legislativou, která je stěžejním bodem toho, proč se nakládání s dešťovými vodami řeší a možnosti technického řešení, která je stěžejním bodem toho, proč se nakládání s dešťovými vodami řeší. Poté se zaměří na akumulaci dešťových vod, technické řešení a požadavky na akumulaci. Popíše geologický průzkum, metodiku vrtů a další požadavky. Nakonec popíše řešenou lokalitu a naznačí, jakým směrem se bude řešit praktická část.

2.2 PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část se věnuje konkrétnímu příkladu řešení využití dešťových vod v průmyslové hale nedaleko Brna. Z důvodu požadavku stavebního úřadu na nezvyšování odtoku z řešeného pozemku je potřeba vyřešit nakládání s dešťovými vodami. Z tohoto důvodu je nutné navrhnout systém, který dokáže akumulovat dešťovou vodu a tu poté zneškodnit nebo využít. Z pohledu zadavatele připadají možnosti vsakování a eventuálně zavlažování zatravněných částí pozemku s možností vývodu dešťové vody pro údržbu (mytí) techniky v areálu.

3 DRUHY ODPADNÍCH VOD

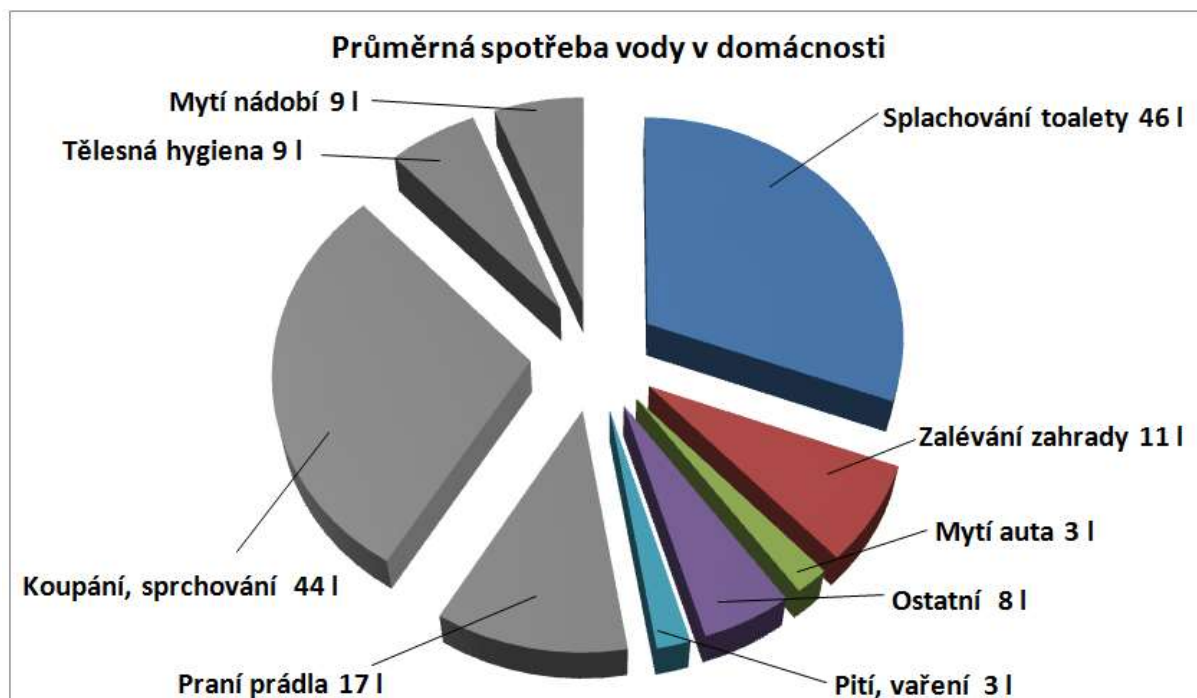
Kromě klasických povrchových nebo podzemních zdrojů vody vznikají vlivem člověka, klimatu nebo jinými vlivy pro nás v současnosti převážně nežádoucí vody z důvodu znečištění, které může být tvořeno rozpuštěnými, nerozpuštěnými látkami, ale i tepelným znečištěním nebo radiací. Tato vody dělíme dle připravované normy ČSN 75 6780 [1] následovně:

3.1 SPLAŠKOVÉ ODPADNÍ VODY

Splaškové odpadní vody jsou vody obecně od obyvatelstva, obsahují vody z kuchyní, prádelen, toalet. Kromě splašků obsahuje v případě jednotné kanalizační sítě i dešťovou vodu ze srážek případně oplachové vody z čištění komunikací.

3.2 ŠEDÁ VODA

Jedná se o splaškové vody neobsahující moč a fekálie. Jsou to vody ze sprch, van, výlevků, umyvadel. Šedou vodu je možné po úpravě použít jako provozní (bílou) vodu například pro splachování nebo zalévání zahrad. Na obrázku 2 je šedou barvou znázorněno jaký poměr vody využívané v domácnosti je možné označit jako šedou vodu.



Obr. 2 Průměrná spotřeba vody v domácnosti [16]

3.3 ČERNÁ VODA

Splaškové odpadní vody obsahující fekálie a moč. Zpravidla se nijak nevyužívají a pouští se do kanalizační sítě, kde jsou pak pomocí čistírny odpadních vod zlikvidovány.

3.4 PROVOZNÍ VODA

Voda upravovaná pro různé účely, kvalita a jakost odpovídá způsobu využití. Upravuje se nejčastěji filtrací nebo změkčováním. Je zásobována oddílným vnitřním vodovodem.

3.5 BÍLÁ VODA

Provozní voda vzniklá úpravou šedé vody. Požadavky na jakost nejsou tak vysoké jako na vodu pitnou.

3.6 UŽITKOVÁ VODA

Voda vyhovujícím požadavkům ČSN 75 0150, nesmí se používat pro pití a přípravu potravin. Je hygienicky nezávadná, používá se na mytí, koupání nebo jiné výrobní účely. Může pocházet z jakéhokoliv zdroje, pokud splňuje kritéria.

3.7 POVRCHOVÁ VODA

Povrchové vody přirozeně se vyskytující na Zemi. Protékají řekami po povrchu nebo přirozenými dutinami pod povrchem. Je to veškerá voda v mořích, jezerech, rybnících. Pouze okolo 3 % celkových povrchových vod je vhodných jako pitná voda [5].

3.8 SRÁŽKOVÉ VODY

Vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu [2]. V podstatě to znamená, že jde o všechnu vodu, která nedopadla na zemský povrch nebo střechu budovy. Dle zákona č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon) se srážkové vody po dopadu na zemský povrch stávají povrchovými vodami, po zásaku vodami podzemními.

3.9 SRÁŽKOVÉ POVRCHOVÉ VODY

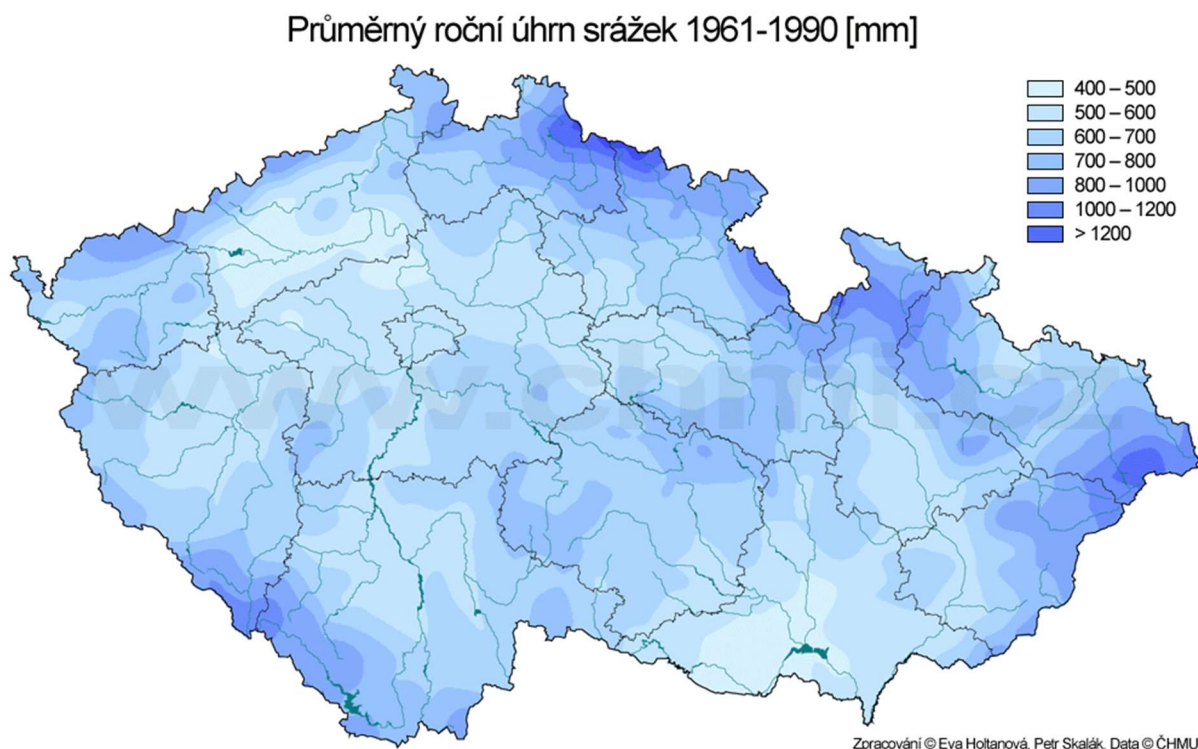
Jedná se o srážkové vody, které se nevsáky a musí být odváděny z povrchu terénu nebo budov odvodňovacím systémem. Tyto vody jsou předmětem této práce, vznikají díky výstavbě novém výrobním areálu Hodějice a je nutné vyřešit nakládání s nimi.

4 DEŠŤOVÉ VODY

Dešťové vody jsou definované normou ČSN EN 1085 jako „vody z atmosférických srážek, které dosud neobsahují látky z povrchu“. Vodní zákon č. 254/2001 Sb. říká, že dešťové vody se po dopadu na povrch stávají vodami povrchovými a po jejich vsaku vodami podzemními, proto se někdy ještě dále dělí na dešťové povrchové vody, které se nevsáknou a jsou odváděny do odvodňovacího systému, u nás nejčastěji do jednotného kanalizačního systému.

4.1 MNOŽSTVÍ DEŠŤOVÝCH VOD

Množství dešťových vod se liší dle lokality. Srážky se na našem území vyskytují v průběhu roku nerovnoměrně, pro některé výpočty je důležité znát i jejich měsíční rozdělení. Průměrné množství dešťových vod a frekvence srážek jsou důležitou charakteristikou oblasti. Pro výpočty využití dešťových vod se používají údaje o dlouhodobých úhrnech srážek.



Obr. 3 Průměrný roční úhrn srážek v ČR [6]

Tab. 1: Úhrn srážek v letech 2006-2016 v Jihomoravském kraji [zdroj: ČHMÚ]

	Rok											Průměr [mm.rok ⁻¹]
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Úhrn srážek [mm]	607	595	485	679	780	442	501	601	622	430	533	570,45

Intenzita dešťové srážky závisí na době trvání deště (čím kratší doba, tím intenzivnější déšť) a na četnosti (periodicitě) srážkové činnosti.

Tab. 2: Dělení dešťů [zdroj: ČHMÚ]

DRUH DEŠTĚ	INTENZITA [mm.h ⁻¹]
Slabý déšť	<1
Mírný déšť	1 až 5
Silný déšť	5 až 10
Prudký déšť	10 až 15
Lijavec	15 až 23
Přívalový déšť	23 až 58
Průtrž mračen	> 58

4.2 SLOŽENÍ A KVALITA DEŠŤOVÝCH VOD

V atmosféře se nachází obrovské množství různých látek. Tyto látky ovlivňují složení a kvalitu dešťových vod, v některých případech mohou způsobovat kyselé deště.

Dešťová voda je znečišťována třemi způsoby: rozpuštěné a nerozpuštěné látky v atmosféře, látky nahromaděné v atmosféře za bezdeštné období (samočistící efekt) a znečištění vzniklé při kontaktu dešťové vody s povrchem. Pro stanovení znečištění je důležitá délka bezdeštného období, intenzita srážek, a objem dešťového odtoku. Dále povrch, se kterým přijde voda do kontaktu, pesticidy náletových rostlin, trus ptáků a uvolňování nežádoucích látek z materiálů střech a okapů.

4.2.1 Znečištění z atmosféry

Během deště dochází k vymývání látkového znečištění ze vzduchu a zároveň k čištění atmosféry. Znečištění dešťové vody tedy závisí na místě, kde déšť spadne, avšak kouřové spaliny se mohou dostávat i do vyšších vrstev atmosféry a vítr je může zanést daleko od znečištění.

Dnes se nejčastěji potýkáme s kyselými dešti. Hlavní příčinou kyselých dešťů se nejčastěji označuje kyselina sírová, dusičná a chlorovodíková. Jejich zdrojem je převážně spalování fosilních paliv, při kterém se uvolňují sloučeniny dusíku a síry.

4.2.2 Znečištění vzniklé kontaktem s povrchem

Kvalitu vody ovlivňuje i materiál povrchu, na který dopadne. Nejčastěji se jedná o střešní krytiny, zpevněné plochy (asfalt, dlažba) nebo travní plochy. Znečištění je charakteristické druhem povrchu, na který déšť dopadl. Například může dojít ke znečištění dešťové vody odtokem ze střechy, která obsahuje vysoký podíl rozpuštěných kyslíčků (CO_2 a SO_2) a proměnlivý podíl organických látek, jako jsou pyly, klacíky, listí, ptačí trus, prach a choroboplodné zárodky. Opatřováním stavebních částí, ať už vlivem vody, slunce, mrazu a deště se uvolňují částičky krytin střech, cihel, betonu, kovů, barev, asfaltu, skla apod. Tyto částice tvoří značnou část znečištění v dešťovém odtoku.

4.2.3 Biologické znečištění

V dešťové vodě můžeme nalézt bakterie typu *Escherichia coli*, koliformní bakterie a enterokoky. Nejčastěji je najdeme ve vzorcích odebraných krátce po dešti.

Dále to jsou Patogeny *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter*, *Vibrio*, *Salmonella*, *Shigella* a *Pseudomonas*.

Vyšší koncentrace mikroorganismů se běžně vyskytují v první vlně dešťové vody a úroveň kontaminace se snižuje během trvání deště. Významné snížení mikrobiální kontaminace v období dešťů můžeme docílit umytí sběrné plochy čistou dešťovou vodou z akumulární nádrže. [22]

4.2.4 Chemické složení dešťové vody

Kyseliny a kyselinotvorné látky (kyselina sírová, dusičná, chlorovodíková), pocházející převážně z antropogenních zdrojů znečištění a převažují nad zásaditými látkami (uhličitán vápenatý a hořečnatý, amoniakální dusík) pocházejícími především z přirozeného prostředí. Zdrojem kyselin jsou především sloučeniny síry (zejména SO_2 a H_2S) a sloučeniny dusíku (N_2O , NO , NO_2) ze spalování fosilních paliv, z výfukových plynů motorových vozidel, a mikrobiální denitrifikací v půdě a ve vodě. Sloučeniny chloru vznikají ze spalování umělých hmot s obsahem PVC (městské a průmyslové spalovny). Zdrojem zásaditých látek je jednak zemědělství (amonné ionty v hnojivech) a přirozené pozadí (uhličitany). K ostatním látkám patří především těžké kovy (emise z průmyslu a spaloven), organické látky (především uhlovodíky z výfukových plynů motorových vozidel) a rostlinné živiny (např. fosfor a amonné ionty). [3]

Je nutné podotknout, že moderní spalovny již mají velmi účinné systémy pro likvidaci těchto látek ze spalín.

Tab. 3: Chemické složení srážek v ČR – průměrné hodnoty naměřené ČHMÚ ve stanici Košetice v roce 2004 [3]

	Ca	Mg	Na	K	NH_4^+	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Fe	Mn	Pb	Zn	F
[mg.l ⁻¹]	0,37	0,06	0,25	0,19	0,9	1,7	0,31	2,4	0,017	0,007	0,002	0,007	0,012

4.3 ÚPRAVA DEŠŤOVÝCH VOD

Používáním dešťové vody nesmí dojít k ohrožení zdraví, kvality pitné vody (chybná instalace), omezení komfortu, a hlavně nesmí dojít ke kontaminaci životního prostředí.

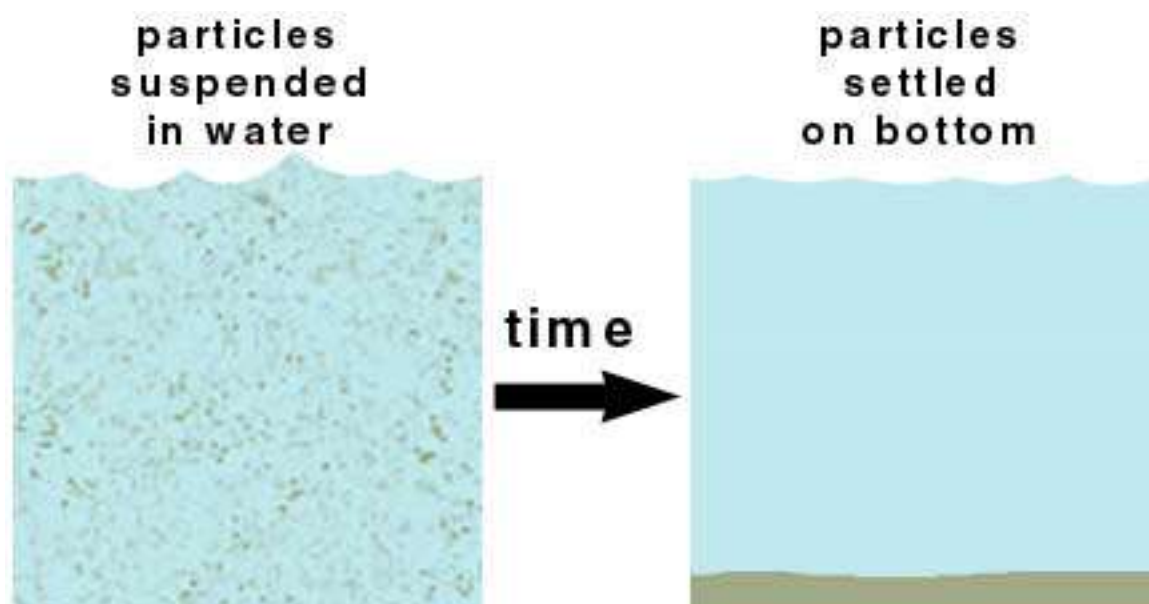
Dešťová voda nevyžaduje žádné speciální úpravy. Při použití na zalévání a mytí nevyžaduje žádnou filtraci, pouze je vhodné zabezpečit, aby nebylo do akumulární nádrže splavováno listí a větší nečistoty, které by mohly nádrž zanechat. Při využití například na praní je již potřeba využít kvalitnější úpravu. [3]

4.3.1 Sedimentace

Sedimentace patří k nejrozšířenějším separačním procesům v technologii úpravy vody. Sedimentace je významný proces separace tuhé fáze směsi přírodních suspendovaných látek a látek vzniklých při koagulaci (shlukování částic) od fáze kapalné. Separace tuhých částic probíhá vlivem gravitace. Z usazovaných částic suspenze vzniká sediment, označovaný při úpravě vody kal. Podle charakteru částic rozeznáváme zrnitou a vločkovitou suspenzi. Podle koncentrace suspenze rozlišujeme sedimentaci volnou, rušenou a sedimentaci zahušťování. Sedimentací lze z vody odstranit až 90 % suspendovaných látek. Účinnost tohoto procesu je závislá především na tvaru a velikosti částic a na rychlosti proudění vody. Zatímco hrubé suspendované látky se odstraňují snadno, jemné suspendované látky sedimentují pomalu a účinnost sedimentace je nižší. [17]

Proces sedimentace probíhá dle obecných fyzikálních zákonů. Při sedimentaci na částice působí tři základní síly – tíha, vztlak a odpor prostředí. Tíha a vztlak jsou konstantní a odpor prostředí závisí na hustotě kapaliny, její viskozitě, tíhovém zrychlení, tvaru částice a jejích rozměrech a zvyšuje se s rychlostí klesání. Kapalné prostředí klade značně větší odpor částicím nepravidelného tvaru než částicím kulovým. [18]

Sedimentace probíhá v akumulární nádrži nebo v samostatné usazovací nádrži umístěné před akumulární nádrží.

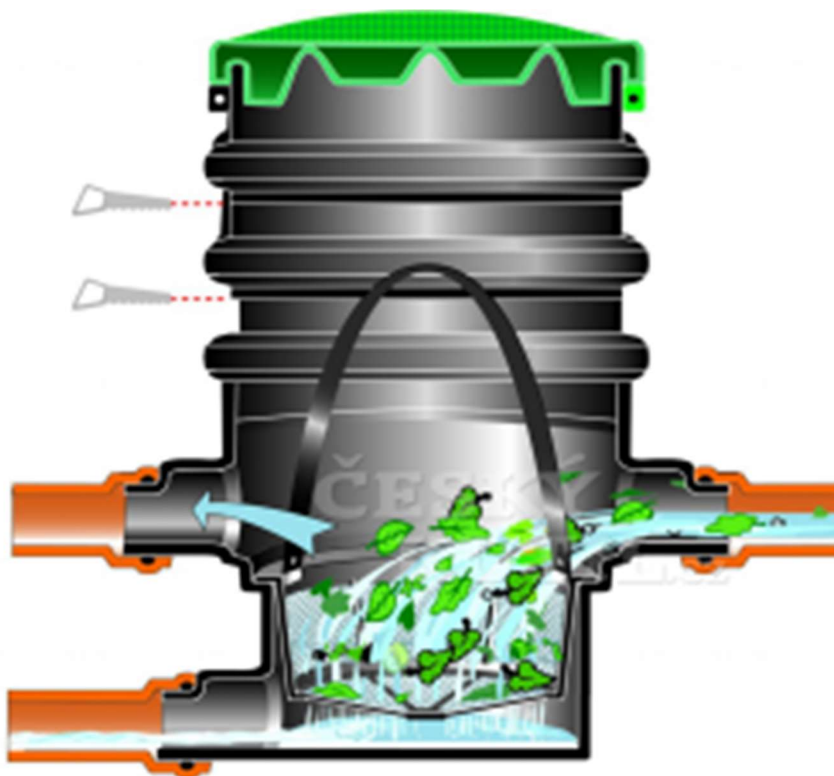


Obr. 4 Proces sedimentace [20]

4.3.2 Filtrace

Filtraci lze zajistit interním nebo externím filtrem. Interní filtry jsou uvnitř nádrže, mají jeden přítok a jeden odtok, nabízejí možnost připojit přepadový odtok přebytečné vody. Externí filtry jsou samostatné filtrační šachty umístěné mezi jímku a okapový svod. Umožňují napojení více větví svodného systému, v případě samočisticích filtrů mají odtok přebytečné vody do kanalizace.

Pro využití v zahradě se používá filtrační závěsný koš přímo pod nátok do nádrže. Nevýhodou je, že když se filtrační košík zaplní nečistotami a není vyprázdněn, voda i s nečistotami přetéká do nádrže. Pro využití vody v domácnosti je potřeba dokonalejší filtrace vody pomocí podzemní filtrační šachty. Filtrační šachta se napojuje mezi okapový svod a nádrž a zpravidla umožňuje spojení dvou větví okapových svodů. Po přefiltrování vody umožní odtok čisté vody do nádrže, případně odtok přebytečné vody a nečistot do kanalizace. Je možné ji nastavit podle hloubky uložení potrubí pomocí teleskopického poklopu.



Obr. 5 Příklad filtru [15]

4.3.3 Odloučení lehkých kapalin

V případě parkovišť a podobných ploch je nutné před jakýmkoliv využitím odloučit lehké kapaliny (ropné látky). Používá se zařízení často označované „LAPOL“.

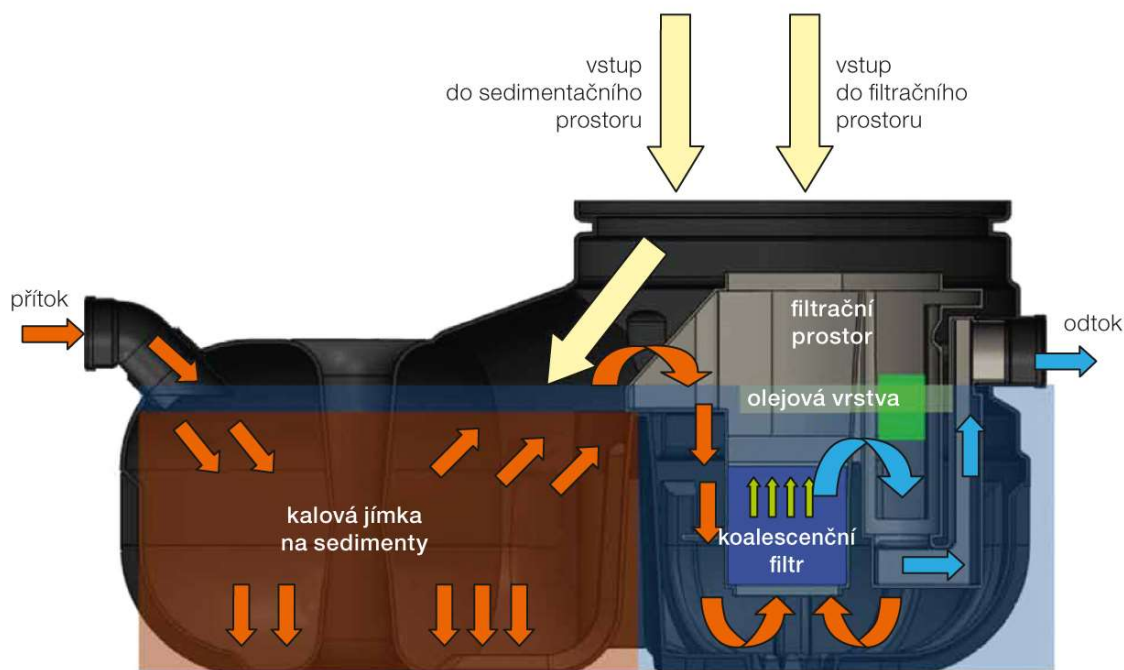


Schéma průtoku vody přes odlučovač ropných látek s koalescencí

Obr. 6 Schéma odlučovače lehkých kapalin [19]

4.3.4 Požadavky na akumulaci dešťových vod

Dešťovou vodu je nutné akumulovat tak, aby se minimalizovala možnost růstu mikroorganismů. Akumulační nádrž je vhodné umístit pod terén nebo do suterénu budovy. Tímto umístěním zabráníme kontaktu s přímým slunečním zářením a následným zvyšováním teploty a tím zabráníme růstu mikroorganismů. Dešťovou vodu není vhodné z hygienických důvodů akumulovat déle než 21 dnů. [13]

4.3.5 Požadavky na retenční nádrže

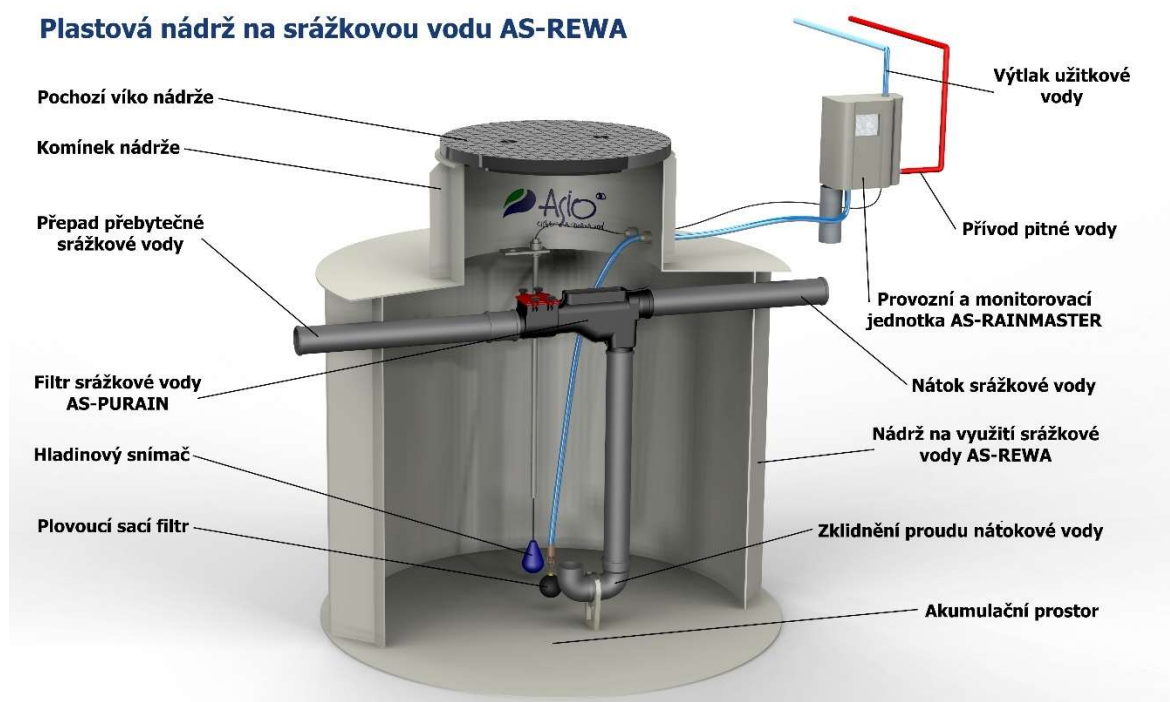
Nádrže musí splňovat spoustu požadavků. Musí být vodotěsné (je provedena zkouška vodotěsnosti), odolné proti korozi a jiným vlivům naakumulované vody. Nádrže musí být dle ČSN EN 806-2 označeny symbolem „Nepitná voda“, který může být doplněn textem, který uvádí, o jaký druh vody se jedná.

Vypouštěcí potrubí a bezpečnostní přelivy nádrží musí být opatřeny zápachovou uzávěrkou a zpětnou armaturou. Tam, kde je možnost vniku hmyzu nebo hlodavců, musí být zařízení chráněno uzávěrkou bránící jejich vniknutí do zařízení. Výjimku tvoří bezpečnostní přelivy a vypouštěcí potrubí nádrží na dešťovou vodu napojené na vsakovací zařízení, u kterých nemusí být zápachová uzávěrka osazena.

Pokud se za účelem získání navrženého objemu instaluje více propojených nádrží, musí být zabráněno stagnaci vody, např. propojením nádrží do série s přítokem a odběrem vody z od sebe nejvzdálenějších nádrží.

Nádrže umístěné pod terénem, jejichž dno se nachází pod hladinou podzemní vody, musí být zajištěny proti účinkům vztlaku podzemní vody. Potrubí pro přívod dešťové vody do nádrže se u dna nádrže opatřuje uklidněním přítoku.

Bezpečnostní přeliv nádrže na dešťovou vodu může být napojen na přítokové potrubí dešťové vody. [12]



Obr. 7 Nádrž na dešťovou vodu [23]

Nádrže umístěné uvnitř budovy

Pokud výrobce nestanoví jinak, musí být nádrž na dešťovou vodu umístěná uvnitř budovy opatřena uzavíratelným vstupním otvorem, přívodním potrubím dešťové vody, bezpečnostním přelivem a vypouštěcím potrubím s uzavírací armaturou napojenými přímo na dešťovou vnitřní kanalizaci, sacím potrubím do automatické tlakové čerpací stanice nebo ponorným čerpadlem, větracím potrubím, a popř. zařízením pro sledování hladiny. [12]

Nádrže umístěné vně budovy

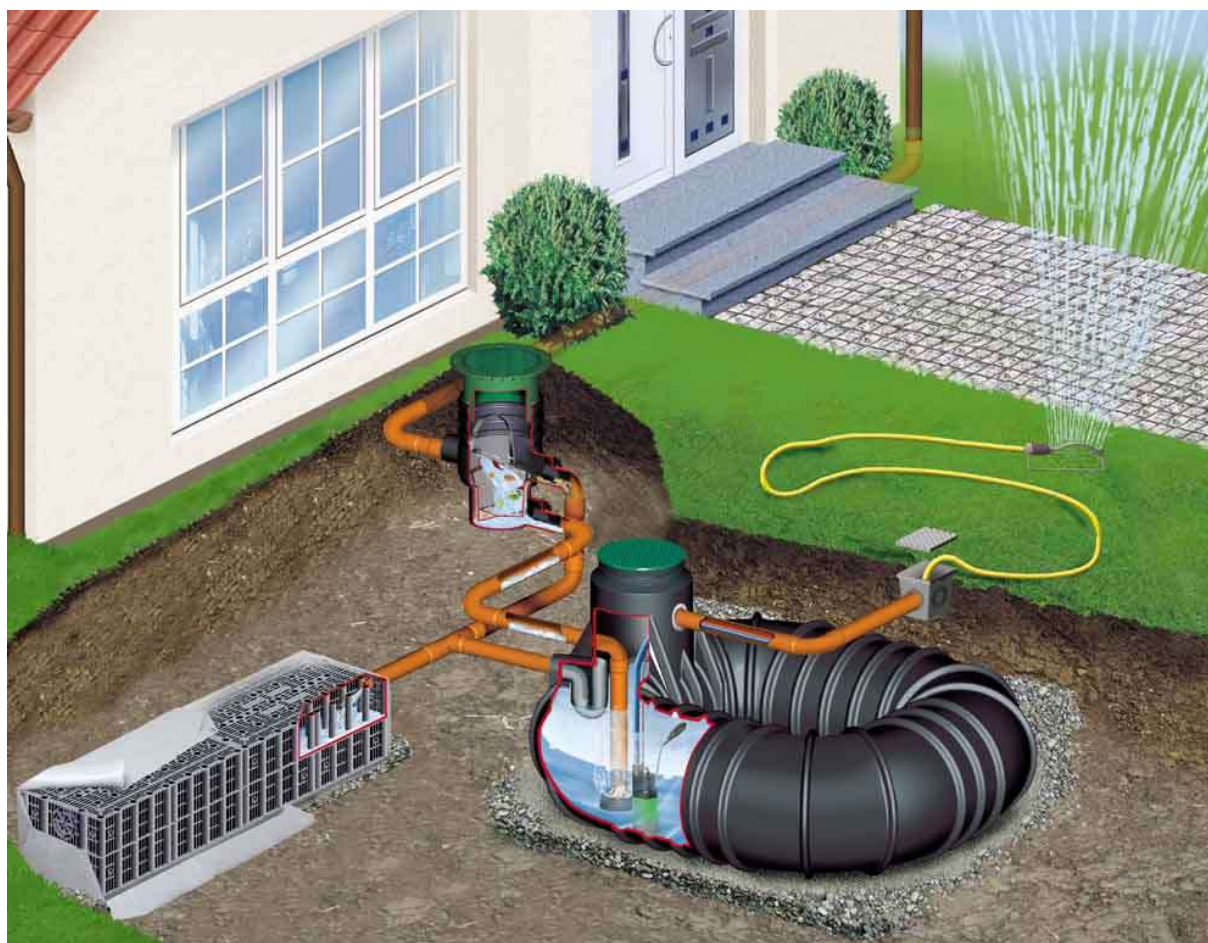
Pokud výrobce nestanoví jinak, musí být nádrž na dešťovou vodu umístěná pod terénem vně budovy opatřena uzavíratelným vstupním otvorem, přívodním potrubím dešťové vody, bezpečnostním přelivem napojeným přímo na dešťovou vnitřní kanalizaci, sacím potrubím do automatické tlakové čerpací stanice nebo ponorným čerpadlem, větracím potrubím, a popř. vypouštěcím potrubím s uzavírací armaturou napojeným přímo na dešťovou vnitřní kanalizaci a sledováním hladiny. [12]

5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ DEŠŤOVÝCH VOD

Průměrná spotřeba pitné vody na jednoho obyvatele se v České republice pohybuje okolo $100 \text{ l.os}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Uvažuje se, že až 50 % této vody může být nahrazeno vodou dešťovou. Při různých činnostech nejsou nároky na jakost vody stejné. Například při vaření a osobní hygieně je nezbytně nutné použít pitnou vodu. Naopak při praní nebo splachování lze výhodně využít vodu dešťovou. [9]

5.1 ZAVLAŽOVÁNÍ

Použití dešťové vody pro zavlažování se přímo nabízí, protože je to přirozený přírodní proces. Dešťová voda obsahuje minimum soli, nedochází k zaselování půdy, navíc neobsahuje chlor. Některé rostliny jinou, než dešťovou vodu nesnášejí (např. kanadské borůvky). Případnému využití zavlažování se bude věnovat praktická část této práce.



Obr. 8 Využití dešťové vody k zavlažování [7]

5.2 PRANÍ

Pračky často trpí, převážně v místech, kde je tvrdá voda (podzemní, ale i povrchová) nebo obsahuje další minerální látky (železo, mangan). Proto je praní dešťovou vodou výhodné, její měkkost se projeví snadnějším rozpouštěním pracích prášků vedoucí ke snížené spotřebě, neusazuje se a netvoří vodní kámen a není potřeba používat drahé změkčovače. [21]

Tvrdost vody je způsobena rozpuštěnými sloučeninami vápníku a hořčíku. Dešťová voda spadá do kategorie 1.

Tab. 4: Kategorie tvrdosti vody [21]

Tvrdost vody		
Pásmo tvrdosti		Obsah solí [mmol.l ⁻¹]
1	Měkká	0 - 1,3
2	Středně tvrdá	1,3 - 2,5
3	Tvrdá	2,5 - 3,8
4	Velmi tvrdá	nad 3,8

Německá firma Miele nabízí pračky se dvěma oddělenými přípojkami na vodu. Nabízená pračka je sama schopna řídit proces praní a to tak, že při předpírce, hlavním praní a prvním máchání využívá právě dešťovou vodu, teprve až při posledním máchání pak vodu pitnou. Podle výsledku dlouhodobé studie Státního hygienického ústavu v Brémách nebyly zjištěny žádné rozdíly mezi praním prádla v pitné vodě a v dešťové vodě.

5.3 SPLACHOVÁNÍ

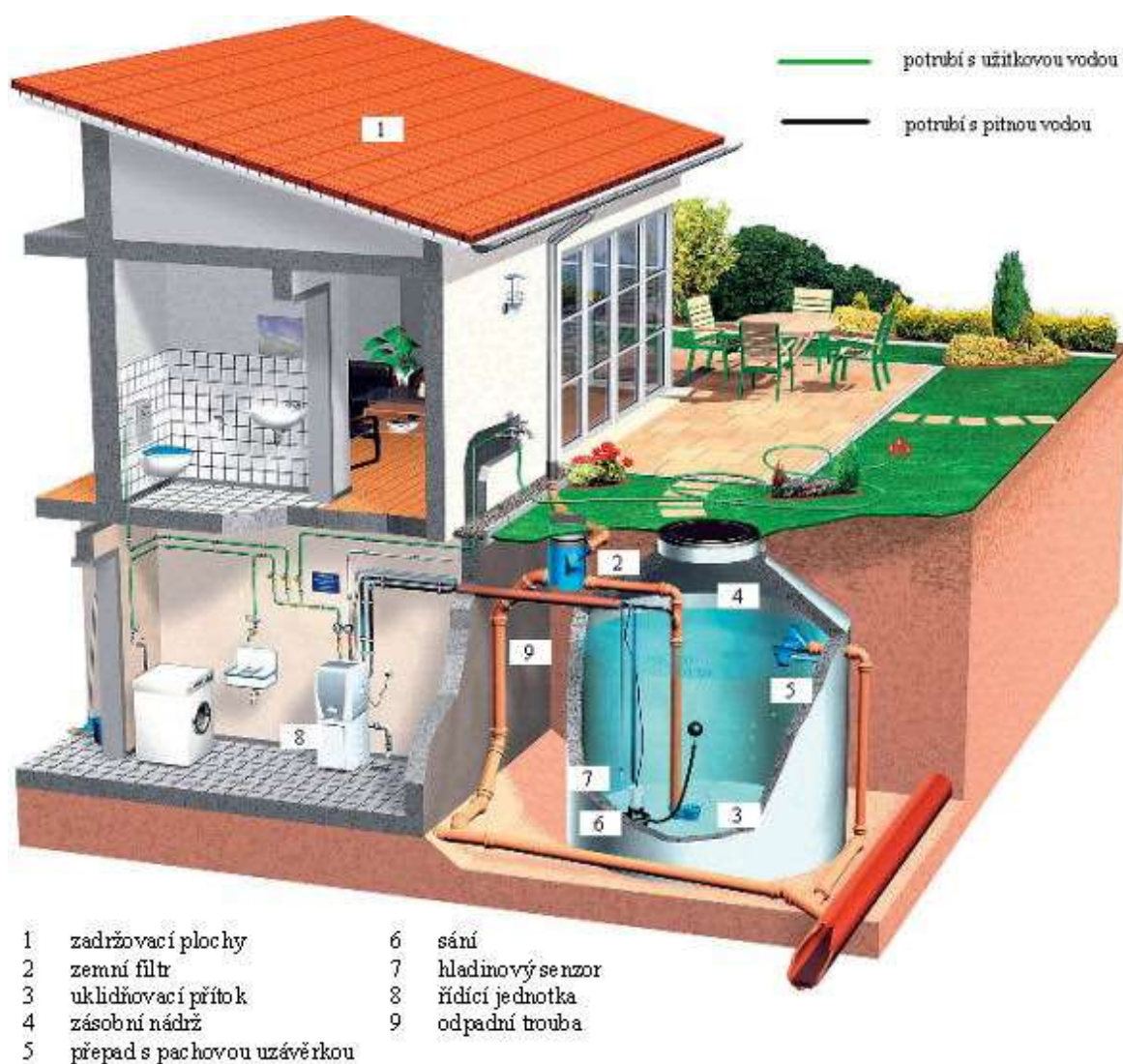
Měkkost dešťové vody je výhodná i pro splachování WC – nedochází k usazování vodního kamene. Splachování patří mezi největší spotřebitele vody v domácnosti a nevyžaduje vodu vysoké jakosti. Splachování pitnou vodou je zbytečným plýtváním.

5.4 ÚDRŽBA

Všude, kde nejsou vysoké nároky na jakost vody lze využít vodu dešťovou. Jedná se především o mytí aut, úklid a čištění. Často je potřeba velké množství vody, je tedy ekonomicky výhodné použít vodu dešťovou.

5.5 VSAKOVÁNÍ

Často se setkáváme s požadavkem stavebního úřadu na minimalizaci vypouštění dešťových vod do kanalizace, požaduje se vsakování na pozemku. Tento požadavek je hlavním důvodem vzniku této práce. Vsakování má velký pozitivní význam na povodňových průtocích v tocích a doplňuje zásoby podzemní vody, které se celosvětově zmenšují.



Obr. 9 Příklad technického zařízení pro užívání dešťové vody [3]

6 VSAKOVÁNÍ DEŠŤOVÝCH VOD

Jak přibývá zpevněných ploch je stále více omezováno přirozené vsakování. Pokud by byla veškerá voda odváděna kanalizací, byla by přetěžována současně s vodními toky. Snižuje se hladina podzemních vod a tyto zdroje vysychají, rychlý odtok z území při přívalových deštích způsobuje povodně. Vsakování má proto velký význam, jelikož snižuje riziko povodní a doplňuje zásoby podzemní vody. [4]

6.1 POŽADAVKY NA VSAKOVÁNÍ

Hospodaření s dešťovou vodou je v současnosti v České republice velmi aktuální téma. Lidé se při stavbě svých rodinných domů pravidelně setkávají s požadavkem stavebního úřadu na likvidaci dešťové vody na pozemku stavby. Na splnění této podmínky závisí získání stavebního povolení, rozhodnutí o dodatečném povolení stavby, o změně stavby, o změně užívání stavby i kolaudační souhlas. [8]

Dle platných norem, především ČSN 75 9010 (Návrh, výstavba a provoz vsakovacích zařízení srážkových vod), která hovoří o vsakování dešťové vody, je povinností každého stavitele navrhnout systém vsakování na základě hydrogeologického posudku. Hydrogeolog provede potřebné zkoušky, jejichž postup je v normě detailně popsán a stanoví koeficient vsaku, tedy údaj o rychlosti vsakování. Podle rychlosti vsakování a velikosti odvodňované plochy je třeba navrhnout vsakovací objekt.

Dle platné české legislativy jsou však popsány tři způsoby nakládání s dešťovou vodou. Pokud jsou vhodné místní podmínky a dostatečně propustné podloží, měli bychom srážkovou vodu nechat vsakovat. Při horších vsakovacích podmínkách je možné vsakování kombinovat s retencí a regulovaným odpouštěním. V případě, že se nic nevsákne je možné přistoupit pouze k retenci a regulaci odtoku. Z retenčních nádrží by měla být dešťová voda odváděna přednostně do povrchových vod a dešťové kanalizace. Odvádění regulovaného odtoku do jednotné kanalizace je až poslední variantou při volbě způsobu odvodnění. Hospodaření s dešťovou vodou je možné chápat jako souhrn technických řešení, které snižuje rychlost a množství odváděné vody do vodních toků a kanalizace. Nejvhodnějšími opatřeními hospodaření s dešťovou vodou jsou ta, která jsou u zdroje, tedy tam, kde voda spadne.

6.2 LEGISLATIVA

Stavební zákon č. 183/2006 Sb., v platném znění (stavební zákon): Podle § 110 odst. 5 stavebního zákona obsahové náležitosti žádosti o stavební povolení a rozsah a obsah projektové dokumentace stanoví prováděcí právní předpis, kterým je vyhláška o dokumentaci staveb č. 499/2006 Sb. [10]

Podle § 2 vyhlášky o dokumentaci staveb rozsah a obsah projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo pro vydání stavebního povolení je stanoven v příloze č. 5 k této vyhlášce.

V příloze č. 5 k vyhlášce o dokumentaci staveb je pod bodem „A.3 Údaje o území“ bod f), podle kterého se do projektové dokumentace musí uvést údaje o dodržení obecných požadavků na využití území. Toto je řešeno ve vyhlášce o obecných požadavcích na využívání území č. 501/2006 Sb., v § 20 odst. 5 vyhlášky o obecných požadavcích na využívání území se uvádí, že se stavební pozemek vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno mimo jiné vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití. Přitom musí být řešeno přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování, jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace. (Podle § 26 zmíněné vyhlášky je za podmínek stanovených v § 169 stavebního zákona z ustanovení § 20 odst. 5 vyhlášky možná výjimka.)

Podle § 21 odst. 3 vyhlášky o obecných požadavcích na využívání území vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení (jak uvádí § 20 odst. 5 této vyhlášky) je splněno, jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4, b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.

V příloze č. 5 o dokumentaci staveb je pod bodem „A.4 – Údaje o stavbě“ bod e), podle kterého se do projektové dokumentace uvádí údaje o dodržení technických požadavků na stavby. Toto je řešeno ve vyhlášce o technických požadavcích na stavby č. 268/2009 Sb., v platném znění:

Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít podle § 6 odst. 4 vyhlášky o technických požadavcích na stavby zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací.

V příloze č. 5 o dokumentaci staveb je bod „B.3 – Připojení na technickou infrastrukturu“, podle kterého se do projektové dokumentace uvádí i výpočtové množství dešťových od a způsob s jejich nakládáním.

6.3 MOŽNOSTI TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ ZASAKOVÁNÍ

Technické řešení je detailně obsaženo v normě ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod.

Při vsakování srážkových vod se zařízení musí vyrovnat z velkými objemy vod z přívalových dešťů.

Potřebný objem je obvykle zajišťován prostřednictvím pórovitého zásypu (štěrk) nebo prostřednictvím speciálních prefabrikovaných plastových bloků (vsakovací tunely a klece). Výhodou prefabrikátů je zejména větší retenční objem vzhledem k jejich celkovému objemu. Retenční objem štěrku dosahuje maximálně 30 %, zatímco u prefabrikovaných vsakovacích zařízení dosahuje retenční kapacita až 95 % objemu. Z uvedeného vyplývá, že klasické řešení pomocí štěrkového zásypu je prostorově třikrát náročnější. Je tak vhodné zejména pro lokality s menšími objemy zasakovaných vod nebo pro plošné vsakování. Prefabrikovaná zařízení jsou pak oproti tomu vhodnější do míst s nedostatkem prostoru nebo pro velké objemy zasakovaných vod, kde by byla cena zemních prací a zásypu příliš vysoká. [11]

6.4 POŽADAVKY NA GEOLOGICKÝ PRŮZKUM PRO VSAKOVÁNÍ

6.4.1 Všeobecné

Při provádění etapy orientačního, podrobného nebo doplňkového průzkumu je řešitel povinen postupovat v souladu s platnou legislativou. Za správnost provedených změn odpovídá řešitel geologického průzkumu pro vsakování. [14]

6.4.2 Průzkumné vrty

Průzkumné vrty (sondy) jsou základním nástrojem pro ověření geologické situace na posuzované lokalitě. Průzkumné sondy jsou strojně nebo ručně hloubené podzemní objekty do hloubky zpravidla 3 m popisující většinou parametry nesaturované zóny horninového prostředí. Svým tvarem a velikostí mají za cíl simulovat podzemní vsakovací zařízení. Průzkumné vrty jsou strojně hloubené podzemní objekty, které se používají při ověřování geologické situace a vsakovacích poměrů v nesaturované i saturované zóně. Stejně jako sondy mají za cíl simulovat podzemní vsakovací zařízení. Průzkumné vrty jsou zpravidla hloubeny do hloubky 1 m pod naraženou hladinou podzemní vody.

Doporučený minimální vrtaný průměr průzkumného vrtu je 150 mm. Po odvrtání mají být stěny průzkumného vrtu v soudržných materiálech podle možností zdrsňeny, aby se vyloučil vliv vrtání (hloubení) na propustnost stěn.

Průzkumné vrty v nesoudržných materiálech mají být pracovně paženy a následně vystrojeny plastovou pažnicí (filtrem) o minimálním průměru 125 mm. V intervalu ověřování propustnosti horninového prostředí je pažnice perforována (minimálně 10 %). Mezikruží v intervalu perforace je vyplněno filtračním obsypem. V projektu terénních prací je v prvním kroku navržena realizace průzkumných vrtů pod hladinou podzemní vody (v saturované zóně) pro ověření hloubky hladiny podzemní vody (naražené a ustálené). Podle úrovně ustálené hladiny podzemní vody je upravena délka vrtů v nesaturované zóně. Vrty v nesaturované zóně jsou ukončeny zpravidla 1 m nad ustálenou hladinou podzemní vody.

Rozměry průzkumných objektů jsou voleny tak, aby zkušební vsakovací plocha při vsakovací zkoušce na průzkumném vrtu byla nejméně 0,04 m² a na průzkumné sondě nejméně 4 m². U průzkumné sondy nepravidelného tvaru je plocha kvalifikovaně odhadnuta podle podobnosti s geometrickým tvarem.

Průzkumné vrtý a sondy jsou dokumentovány geologem. Záznam o průběhu vrtání, odběru vzorků a likvidaci vrtů se provádí podle ČSN EN ISO 22475-1.

Průzkumné vrtý mohou být na základě stavebního povolení převedeny na vrtý monitorovací pro dlouhodobé sledování stavu hladiny podzemní vody. V opačném případě musí být průzkumné vrtý (sondy) odborně zlikvidovány.

Postup likvidace průzkumných vrtů se stanovuje v projektu průzkumných prací. [14]

6.4.3 Odběry vzorků

Plán odběrů vzorků je obsažen v projektu průzkumných prací. Odběry vzorků zemin a hornin se provádějí z vrtného jádra případně ze stěn a dna průzkumné sondy. Odběry vzorků podzemní vody se provádějí z průzkumných vrtů, nebo také ze stávajících jímacích zdrojů na zkoumané lokalitě. Doporučuje se dynamický odběr vzorků. Odběry vzorků zemin a podzemní vody pro laboratorní zkoušky a analýzy se provádějí podle ČSN EN ISO 22475-1. [14]

6.5 SOUČINITELÉ ODTOKU SRÁŽKOVÝCH POVRCHOVÝCH VOD

Pro výpočet je nutné znát součinitele odtoku srážkových povrchových vod. Ty jsou podle normy ČSN 75 9010 následující:

Druh odvodňované plochy; druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
	Součinitele odtoku srážkových povrchových vod ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou (vegetační střechy)	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,4 až 0,7 ¹⁾	0,5 až 0,7 ¹⁾
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,7 až 0,9 ¹⁾	0,8 až 0,9 ¹⁾
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše větší než 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravněvacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

¹⁾ Podle tloušťky propustné horní vrstvy (s rostoucí tloušťkou propustné horní vrstvy se součinitel odtoku srážkových povrchových vod snižuje až na uvedenou dolní mezní hodnotu).

Obr. 10 Součinitele odtoku srážkových povrchových vod [14]

7 PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části řeší tato bakalářská práce zneškodnění nebo využití dešťových vod v nově budovaném výrobním areálu Hodějice. Podrobně se věnuje vsakování či retencí pro zajištění požadavků stavebního úřadu a variantou vsakování s kombinací zavlažování zelených ploch a údržby (mytí) zařízení na řešeném pozemku.

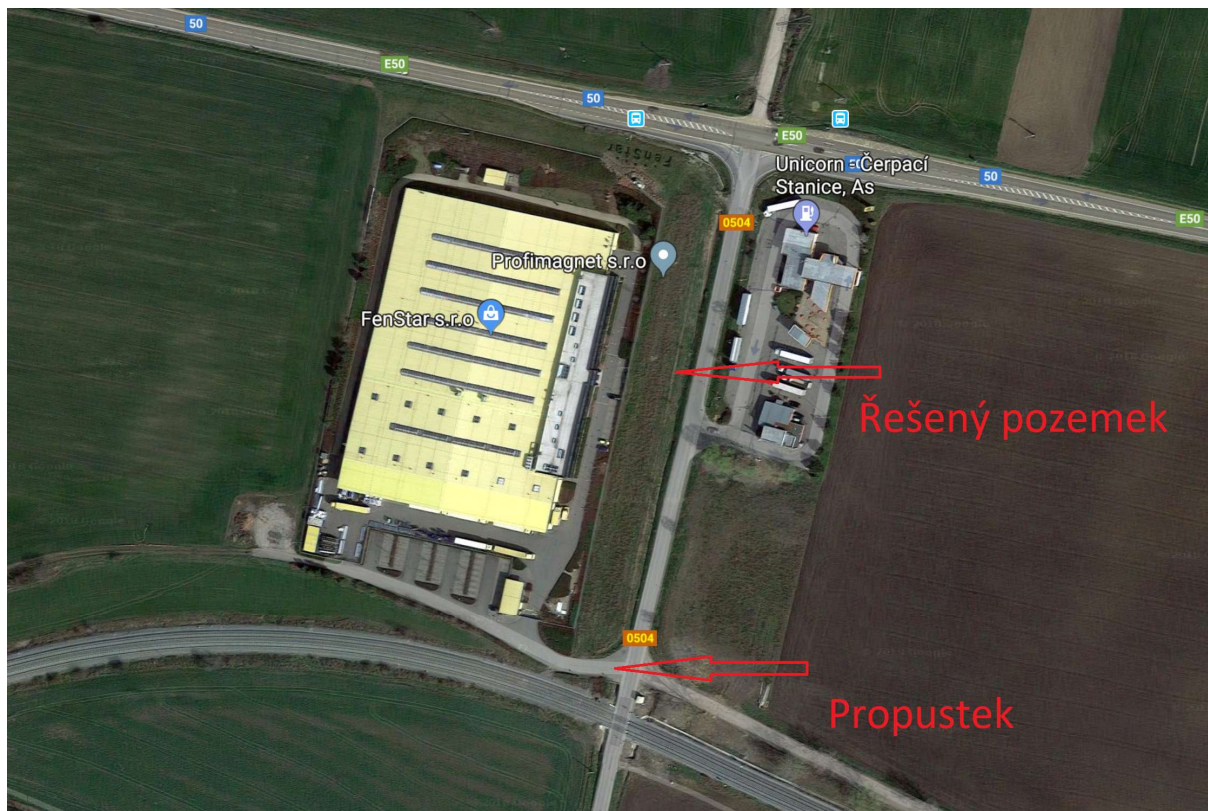
7.1 POPIS ŘEŠENÉ LOKALITY A SOUČASNÝ STAV

7.1.1 Popis území

Řešená lokalita se nachází v okrese Vyškov v Jihomoravském kraji na severním okraji obce Hodějice nedaleko Slavkova u Brna. Řešený pozemek leží mezi železniční tratí a silnicí č. 50. Vedle řešeného pozemku se nachází výrobní hala, na druhé straně přes silnici se nachází čerpací stanice a motorest. Podél řešeného pozemku se nachází odvodňovací příkop, který navazuje do propustku pod železnicí. Pozemek je mírně svažité (do 1%) směrem k propustku. Propustek se nachází na jižní straně pozemku.



Obr. 11 Celková mapa



Obr. 12 Ortofoto současného stavu

V současné době se na pozemku nachází zatravněná plocha. Dešťová voda se vsakuje nebo se odvodňuje příkopem, který pokračuje do propustku. Na tomto pozemku je plánovaná výstavba průmyslové haly, která změní množství povrchového dešťového odtoku.

Z důvodu požadavků stavebního úřadu na nenavyšování dešťového odtoku, který je sveden příkopem do propustku pod železnici a mohl by se zahltit, bude tato práce řešit zneškodnění nebo využití dešťových vod vzniklých díky výstavbě na tomto pozemku.

7.1.2 Geologie

K řešení vsakování je nutné provést vsakovací zkoušku. Přímo na posuzované ploše nejsou známy žádné starší průzkumné práce, avšak nedaleko místa průzkumu již byly dříve prováděny archivní průzkumné sondy. Proto se prováděl nový, podrobnější geologický průzkum firmou BALUN geo s.r.o. Pro účely daného průzkumu bylo navrženo zadavatelem provedení celkem čtyř průzkumných sond, tři sondy byly navrženy v půdorysu projektovaného halového objektu a jeden vrt byl uskutečněn pro krátkodobou vsakovací nálevovou zkoušku v místě předpokládaného vsakování. Koeficient vsaku je to, co je pro tuto práci důležité.

Tab. 5: Koeficient vsaku

Sonda	Hloubka [m]	Koeficient vsaku k_v [m.s^{-1}]
VV-1	0,0 - 4,0	$4 \cdot 10^{-8}$

7.1.3 Srážkové poměry

Pro výpočet je důležité určit nejbližší srážkoměrnou stanici. Ta se nachází ve Vyškově. V tabulce níže jsou zaznamenána její data. Dle normy ČSN 75 9010 se pro výpočet dešťového odtoku vybírá hodnota při periodicitě 0,5 a době trvání 15 minut. Tato hodnota je v tabulce znázorněna tučně.

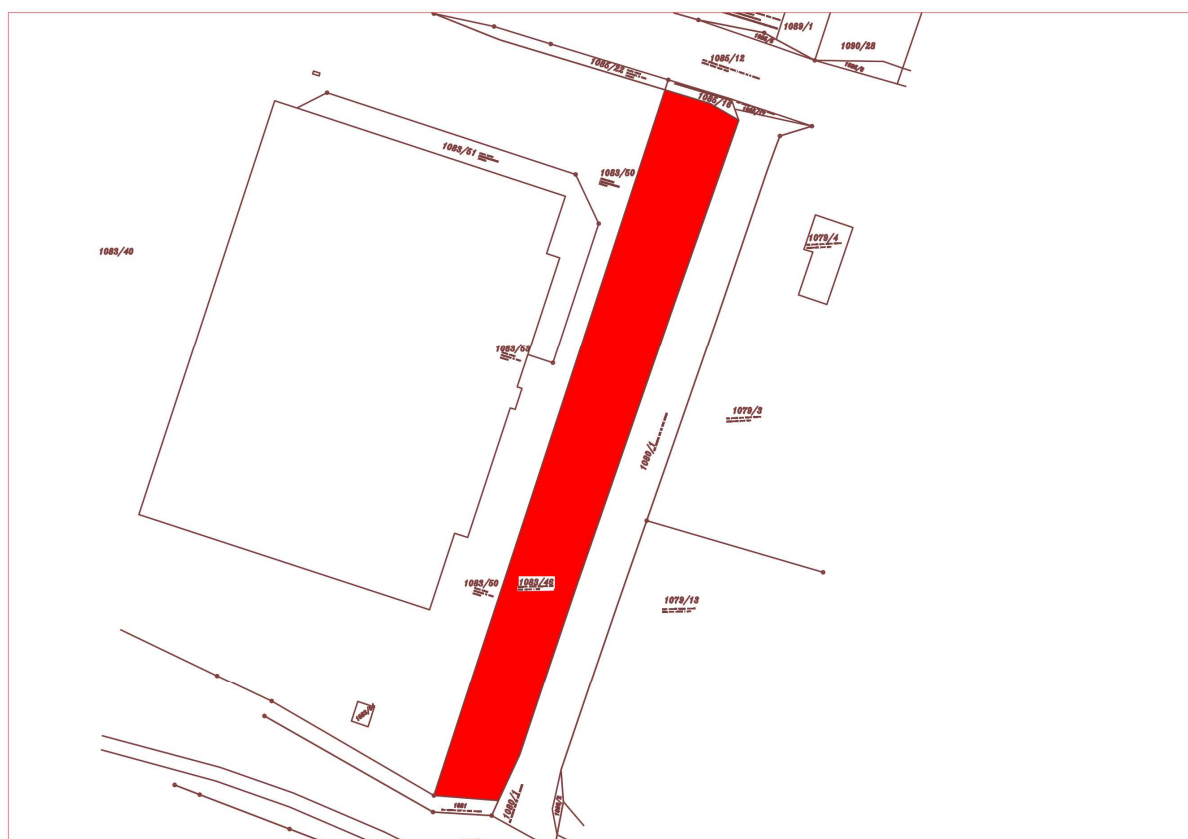
Tab. 6: Vydátnost deště Vyškov [Trupl, 1958]

doba trvání deště t [min]	vydátnost deště [$\text{l}/(\text{s.ha})$] za dobu t při periodicitě n						
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,04
5	96,7	147,0	192,0	243,0	317,0	377,0	441,0
10	65,9	106,0	139,0	178,0	234,0	280,0	331,0
15	50,0	82,2	109,0	140,0	186,0	223,0	262,0
20	40,4	66,7	89,7	115,0	155,0	185,0	218,0
30	29,2	48,1	65,3	85,1	115,0	139,0	164,0
40	22,5	37,3	50,9	67,0	91,6	111,0	132,0
60	15,6	26,0	35,9	47,8	66,0	81,2	96,6
90	10,7	18,1	25,2	34,0	47,3	58,8	70,2
120	8,3	14,0	19,6	26,5	37,2	46,4	55,6

7.1.4 Odtok srážkových vod z řešeného území

Původně byl pozemek zatravněná plocha. Požadavkem stavebního úřadu je, aby se nezvýšil průtok v propustku pod železnicí, který by se mohl zahltit. Vycházíme tedy z toho, že v původním stavu veškerá dešťová voda z pozemku stékala do tohoto příkopu. Je tedy nutné stanovit množství dešťové vody vzniklé na pozemku. To je maximální povolený odtok a nesmí se překročit.

Jako první krok je potřeba zjistit velikost pozemku a jeho plochu.



Obr. 13 Katastrální mapa pozemku

Z katastrální mapy se stanoví plocha pozemku:

Tab. 7: Odvodňované plochy před stavbou [Obr. 13]

Materiál	Plocha [ha]
Zatravněné plochy	0,49

Množství dešťové vody se stanoví podle vztahu: [14]

$$Q_0 = A \cdot \Psi \cdot i \quad (1)$$

kde Q_0 ... objemový průtok dešťové vody [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]

A ... půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

Ψ ... součinitel odtoku dešťové vody [-]

i ... průměrný úhrn srážek [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$]

Součinitel volím 0,05, protože sklon pozemku je menší než 1 % [kapitola 6.5]

$$Q_0 = 0,49 \cdot 0,05 \cdot 140 = 3,43 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Tato hodnota je maximální povolený odtok vody z pozemku.

7.2 NAVRHOVANÁ ŘEŠENÍ

Plánovanou výstavbou se zvýší povrchový odtok (díky střechám a zpevněným plochám). Aby nedošlo ke zvýšení odtoku a zahlcení propustku, navrhuji akumulční nádrž (nelze počítat s retenční funkcí – může být plná) a retenční bloky s vsakem a přepadem do příkopu.

Dešťová voda vzniklá na pozemku bude svedena přes LAPOL (lapač olejových látek) do akumulční nádrže a pak dále do vsakovacích bloků. Vzhledem k nízkému koeficientu vsaku je důležitá retenční funkce bloků samotných. Odtok přepadem z vsakovacích bloků musí odpovídat hodnotě maximálního povoleného odtoku z pozemku před stavbou.

První část praktické části bude věnována ručnímu výpočtu dle normy ČSN 75 9010. Při dimenzování vsakovacích zařízení je nutné stanovit zejména retenční objem a dobu prázdnění vsakovacího zařízení.

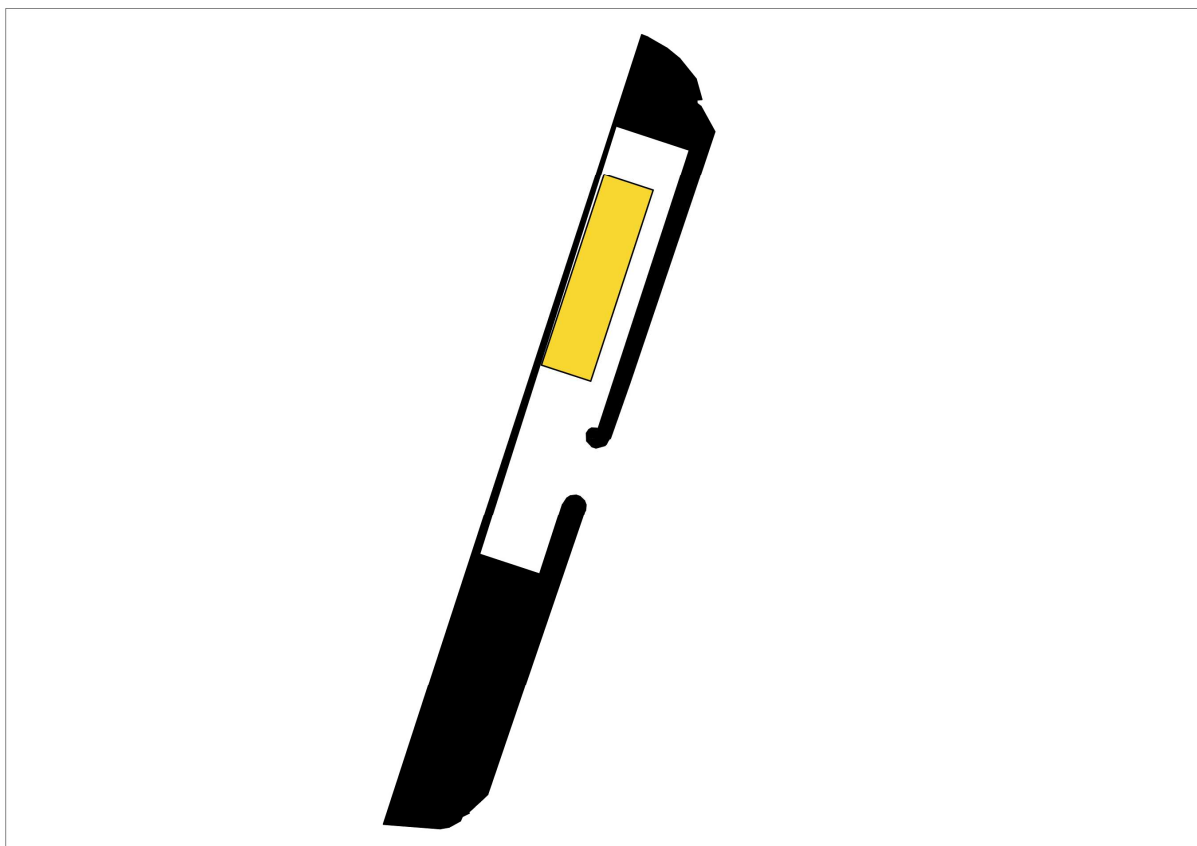
V druhé části se práce bude zabývat využitím naakumulované dešťové vody pro využití k zavlažování vegetace na pozemku, případně k údržbě (mytí) techniky v areálu.

7.3 URČENÍ MAXIMÁLNÍHO ODTOKU Z POZEMKU PO STAVBĚ

Na pozemku bude stát montovaná hala, parkoviště pro 8 vozidel a areálová komunikace pro pojezd obslužné techniky a logistiky. Tato skutečnost mění odtok z pozemku, my však musíme zachovat původní odtok. Je tedy nutné stanovit množství dešťového odtoku po dokončení výstavby. Rozdíl mezi hodnotou původní a po výstavbě nám dává hodnotu, kterou musíme zachytit a pokud možno zlikvidovat nebo využít na pozemku.

7.3.1 Stanovení povrchového dešťového odtoku po stavbě

Stanovení množství dešťové vody vypočítáme stejným způsobem jako ve stavu původním. Rozdílem je jiné uspořádání ploch a k nim odpovídající součinitel odtoku. Váženým průměrem těchto hodnot získáme průměrný součinitel odtoku, následným dosazením do stejné rovnice zjistíme množství dešťové vody po výstavbě.



Obr. 14 Schéma ploch po výstavbě

Černou je znázorněna zatravněná plocha, bílou asfaltové a betonové plochy a žlutou střechy.

Plochy jsou uvedeny v následující tabulce. Váženým průměrem se určí celkový součinitel odtoku.

Tab. 8: Celkový součinitel odtoku

Materiál	ψ [-]	Plocha [ha]
Střechy	1,00	0,08
Asfaltové a betonové plochy	0,70	0,16
$\psi_{\text{CELK}} =$		0,80

$$Q_1 = 0,24 \cdot 0,80 \cdot 140 = \mathbf{26,88 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}}$$

Tato hodnota je dešťový povrchový odtok po výstavbě haly.

Rozdíl ve velikosti odtoku je změna průtoku, který díky výstavbě nové výrobní haly vznikne navíc. To je množství vody, které budeme muset akumulovat a využít nebo zneškodnit.

$$Q_r = 26,88 - 3,43 = \mathbf{23,45\ l \cdot s^{-1}}$$

Jak je vidět z výpočtu, výstavbou nové výrobní haly se povrchový dešťový průtok zvýšil několikanásobně.

7.4 NÁVRH VSAKOVACÍCH BLOKŮ

7.4.1 Dle normy ČSN 75 9010

Výpočet vsakovací plochy

Redukovaná odvodňovaná plocha A_{red} , v m^2 se stanoví podle vztahu: [14]

$$A_{red} = \sum_{i=1}^n A_i \cdot \Psi_{celk} \quad (2)$$

kde A_i ... odvodňovaná plocha

Ψ_{celk} ... celkový součinitel odtoku (získaný váženým průměrem)

$$A_{red} = 2400 \cdot 0,80 = \mathbf{1920m^2}$$

Před výpočtem retenčního objemu povrchových vsakovacích zařízení nebo podzemních prostorů a tunelových systémů je možné odhadnout vsakovací plochu vsakovacího zařízení A_{vsak} , v m^2 , podle vztahu: [14]

$$A_{vsak} = (0,1 \text{ až } 0,3) \cdot A_{red} \quad (3)$$

kde A_{red} ... redukovaná odvodňovaná plocha

Hodnotu volím z důvodu nízkého vsaku 0,1.

$$A_{vsak} = 0,1 \cdot 1920 = \mathbf{192,00m^2}$$

Výpočet vsakovaného odtoku

Vsakovaný odtok je závislý na vsakovací ploše a koeficientu vsaku. Vsakovaný odtok Q_{vsak} , v $m^3 \cdot s^{-1}$, se stanoví podle vztahu: [14]

$$Q_{vsak} = \frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} \quad (4)$$

kde f ... součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se 2)

k_v ... koeficient vsaku

A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení

$$Q_{vsak} = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^{-8} \cdot 192,00 = 3,84 \cdot 10^{-6} m^3 \cdot s^{-1}$$

Vsakovaný průtok je zanedbatelně malý, zemina není vhodná pro vsak (jak vyplývá už z nízkého koeficientu vsaku), tudíž je nutné řešit hlavně retenční schopnost vsakovacích bloků.

Výpočet retenčního objemu vsakovacího zařízení

Přítok do vsakovacího zařízení je zpravidla rychlejší než vsakovaný odtok. Proto je nutné, aby vsakovací zařízení mělo určitý retenční objem V_{vz} , v m^3 , který se s dostatečnou přesností stanoví podle vztahu: [14]

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (A_{red} + A_{vz}) - \left(\frac{1}{f} \cdot k_v \cdot A_{vsak} + Q_0 \right) \cdot t_c \cdot 60 \quad (5)$$

Kde h_d ... úhrn srážek [14]

t_c ... doba trvání srážky

A_{vsak} ... vsakovací plocha vsakovacího zařízení

A_{red} ... redukovaná odvodňovaná plocha

A_{vz} ... plocha hladiny vsakovacího zařízení (jen u povrchových vsakovacích zařízení)

k_v ... koeficient vsaku

f ... součinitel bezpečnosti vsaku (doporučuje se 2)

Q_0 ... objemový průtok dešťové vody (regulovaný odtok) [$l \cdot s^{-1}$]

$$V_{vz} = \frac{h_d}{1000} \cdot (1920 + 0) - \left(\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 10^{-8} \cdot 192 + 3,43 \right) \cdot t_c \cdot 60$$

Výsledky pro různý čas trvání a různé intenzity jsou v následující tabulce:

Tab. 9: Výpočet retenčního objemu vsakovacích bloků

Doba trvání srážky t_c [min]	Retenční objem vsakovacího zařízení V_{vz} [m ³]
5	18,30
10	24,70
15	29,56
20	33,07
30	38,19
40	44,26
60	46,61
120	54,44
240	47,44
360	36,22
480	24,80
600	13,39
720	2,16
1080	-31,89
1440	-66,72
2880	-200,06
4320	-338,77

Maximální hodnota je zvýrazněna tučně. To je retenční objem vsakovacích bloků, který navrhuji.

Výpočet doby prázdnění vsakovacího zařízení

Doba prázdnění vsakovacího zařízení T_{pr} , v sekundách, se stanoví podle vztahu: [14]

$$T_{pr} = \frac{V_{vz}}{Q_{vsak,2}} \quad (6)$$

$$T_{pr} = \frac{54,44}{3,43 \cdot 10^{-3}} = 15871,72s = \mathbf{4,41 \text{ hod}}$$

7.4.2 Výpočet podle programu výrobce ASIO

Vstupní data byla použita stejná jako v ručním výpočtu.

NÁVRH POTŘEBNÉHO OBJEMU RETENČNÍ NÁDRŽE (RN) DLE ČSN 75 9010

Akce: Možnosti zneškodnění nebo využití dešťových vod v nově budované
Vyraboval: Stanislav Kabátek

Datum zpracování: 16.04.2018
Výpočtový program: ASIO NEW RN V3.3

1. Návrh typu RN
Výrobek: AS-NIDAPLAST
Délka L: 7,20 m
Šířka B: 14,40 m
Výška H: 0,52 m
Plocha vsaku $A_{vsak} = L \cdot (H/2 + B)$: 105,55 m²

AS-NIDAPLAST L/B/H 2,4/1,2/0,52 m
AS-KRECHT L/B/H 2,3/1,3/0,8 m
AS-NIDAFLOW L/B/H 2,4/1,2/0,52 m

2. Stanovení vsaku
Koefficient vsaku K_v : 4,00E-08 m/s
Součinitel bezpečnosti vsaku f: 2
Vsakový Q_v : 160 0,002 l/s
320

3. Povolený odtok do kanalizace
Povolený odtok do kanalizace $Q_d(Q_{d}^{**})$: 3,430 l/s stanoví správce toku, provozovatel kanalizace nebo příslušný úřad

4. Stanovení povrchového odtoku
Oblast: 20 Vyškov - Brňany
Periodicita: 0,2 Komentář

Typ plochy -> součinitel odtoku ϕ	Odtok, souč. ϕ	Odvodňovaná plocha S [m]	S [ha]	Redukovaná plocha $S_r = S \cdot \phi$	S_r [m ²]
plocha střecha / kov, sklo, eternit (1,0)	1,00	800	0,08	800	800
zpevněné plochy, cesty / asfalt, bezesparý beton (0,9)	0,70	1600	0,16	1120	1120
zahrady, louky, s odtokem do recipientu / plocha krajina (0,1)	0,10	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0)	1,00	0	0,00	0	0
Celkem				1920,00	1920

Výpočet potřebného retenčního objemu zasakovacího systému pro úhmy srážek dle návrhu normy ČSN 75 9010

Doba trvání deště T_c	min	5	10	15	20	30	40	60	120
Návrhové úhmy srážek	mm	9,8	13,4	16,2	18,3	21,5	25,2	27,5	34,8
Povrchový odtok $Q_d(Q_c^{**})$	l/s	62,7	42,9	34,6	29,3	22,9	20,2	14,7	9,3
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(ej)} - Q_d - Q_v$	l/s	59,3	39,4	31,1	25,8	19,5	16,7	11,2	5,8
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} \cdot T_c$	m ³	18,8	25,1	29,7	32,9	37,4	42,8	43,3	45,8
Doba trvání deště T_c	hod	4	6	8	10	12	18	24	48
Návrhové úhmy srážek	mm	37,6	38,2	38,7	39,2	39,8	41,4	42,6	50,5
Povrchový odtok $Q_d(Q_c^{**})$	l/s	5,0	3,4	2,6	2,1	1,8	1,2	0,9	0,6
Retenční odtok $Q_r = Q_{d(ej)} - Q_d - Q_v$	l/s	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Retenční objem $V = V_d - Q_{vsak} \cdot T_c$	m ³	26,7	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Červené hodnoty uvedené v tabulce jsou zobrazeny v grafu

5. Stanovení retenčního objemu
Vypočteno pro T_c : 120 min
Retenční objem V: 45,8 m³
Doba prázdnění RN: 4 hod

6. Posouzení výrobku
1,3
Výrobek: AS-NIDAPLAST
Skladební délka: 7,20 m
Skladební šířka: 14,40 m
Skladební výška: 0,52 m
Výška plnění: 0,46 m
Využití: 88,3 %
Počet bloků: 36 ks

Drenáž mezi bloky Aktivní pouze pro AS-NIDAFLOW

****Platí pro návrh AS-NIDAFLOW**

www.asio.cz
asio@asio.cz

ASIO NEW, spol. s r. o.
Kširova 552/45, 619 00 Brno

Obr. 15 Výpočet pomocí programu výrobce ASIO

7.4.3 Porovnání výsledků ručního výpočtu a výsledků z programu výrobce ASIO a rekapitulace návrhových parametrů vsakovacích bloků

V tabulce 10 můžeme vidět porovnání hodnot ručního výpočtu a hodnot z programu výrobce ASIO. Drobný rozdíl v hodnotách je způsoben výběrem koeficientu pro výpočet vsakovací plochy. Já jsem vybral hodnotu 0,1 dle normy, zatímco u programu ASIO je tato hodnota dopočítávána na základě firemní metodiky.

Tab. 10: Porovnání výsledků

	Ruční výpočet	Program ASIO
$A_{vsak} [m^2]$	192,00	199,64
$Q_{vsak} [l.s^{-1}]$	0,0038	0,0040
$V_{vz} [m^3]$	54,44	45,80
$T_{pr} [hod]$	4,41	4,00

V tabulce 11 je rekapitulace parametrů vsakovacích bloků. Dle těchto parametrů lze vytvořit výkres uložení vsakovacích bloků.

Tab. 11: Rekapitulace parametrů vsakovacích bloků

Délka:	14,40	m
Šířka:	7,20	m
Výška:	0,52	m
Vsakovací plocha:	105,55	m^2
Retenční objem:	45,80	m^3
Doba prázdnění:	4,00	hod
Počet bloků:	36,00	ks

7.5 ZAVLAŽOVÁNÍ A ÚDRŽBA

Závlaha a údržba je jedna z možností, jak dešťovou vodu smysluplně využít, než bude regulovaným odtokem vypuštěna z pozemku. Bude tak zajištěna estetická funkce prostředí kolem průmyslové haly s minimálními náklady a prakticky bez údržby, zároveň se dešťová voda využije. Dále může být využita například na umývání techniky, automobilů atd.

Zavlažování

Pro zavlažování jsem se rozhodl vybrat kapkovou závlahu, převážně kvůli malým nárokům na údržbu, účinnosti a ekonomičnosti. Kapková závlaha rozvede vodu přímo ke kořenům, kde ji rostliny potřebují. Díky tomu, že voda nestříká na listy, nejen ušetří, ale zároveň rostliny ochrání před plísní. [24]

Systém tvoří hadice s kapacími otvory napojené na ventil. Stačí je tak položit k rostlinám a systém spustit. Kapkovou závlahu lze snadno napojit na systém automatické závlahy a řídicí jednotka spustí závlahu přesně v určené časy.

Výhody kapkové závlahy: [24]

- Oproti běžnému zalévání ušetří až 75 % vody
- Protože nestříká vodu na listy, zabrání vzniku plísní.
- Do systému lze nalít tekutá hnojiva, která tak snadno, rychle a v potřebném množství dostane k rostlinám.
- Je vhodná pro všechny běžně pěstované rostliny

Návrh kapkové závlahy

Jelikož vsakovací bloky od výrobce ASIO mají již zabudované čerpadlo, není nutné čerpání znovu navrhovat. K akumulční nádrži se zapojí řídicí jednotka, a za ni přívod k hadici kapkové závlahy. Eventuálně se za akumulční nádrží připojí odbočka k přivedení naakumulované vody pro údržbu (viz další kapitola).

Kapkovací hadice navrhuji od firmy TORO – model Soakerline bez kompenzací tlaku. Kapková hadice bez kompenzace tlaku je vhodná pro použití do rovinatého terénu. Pokládá se na terén a umožňuje optimální aplikaci vody k rostlinám. Kapková hadice Soakerline má flexibilní a pevnou konstrukci, která ji předurčuje k použití na mladé stromky, keře,

květinové truhlíky a na menší plochy. Průtok jedním kapkovačem je 2 l.hod^{-1} a provozní tlak je 1,03–4,13 barů. [24]

Zavlažovat se bude živý plot z habrů (habr díky své velikosti pomůže izolovat hluk z vedlejší výrobní haly) umístěný naproti vjezdu na areálovou komunikaci a pokračuje po levé straně okolo záhonu pro okrasné kytky. Živý plot má délku 67,97 m. Zde bude kapkovací hadice stejné délky. Záhon bude zavlažován kapkovací hadicí ve tvaru „hada“. Zde bude délka kapkovací hadice dlouhá 95,7m Rozteč kapkovačů na kapkovací hadici je 0,3m [24]. Počet kapkovačů tedy vydělením celkové délky a rozteče je 546. Závlaha bude probíhat jednou denně ráno po dobu 20 minut. Je nutné vypočítat kolik vody bude pro závlahu potřeba:

$$Q_z = Q_{kap} \cdot i_k \cdot t_z \quad (5)$$

kde Q_z ... objemový průtok závlahové vody [l.den^{-1}]

Q_{kap} ... objemový průtok jednoho kapkovače [l.hod^{-1}]

i_k ... počet kapkovačů (rozteč 0,3m [24]) [ks]

t_z ... počet hodin zavlažování za den [hod]

$$Q_z = 2.546.0,3 = 327,6 \text{ l.den}^{-1}$$

Maximální špičkový průtok (pro návrh čerpadla) pro zavlažování je $16,38 \text{ l.min}^{-1}$.

Voda pro údržbu

K údržbě bude vyveden zahradní ventil, na který se dá napojit jakákoliv hadice a bude moci sloužit různým účelům. Bude umístěn na spodní části zpevněné plochy, která bude sloužit jako parkoviště a obratiště pro obslužnou techniku. Jako nejlepší využití se nabízí umývání této techniky.

Pro výpočet využívám modelový scénář, kdy se bude každý den využívat voda k údržbě po dobu 5 minut. Maximální průtok zahradním kohoutovým ventilem o světlosti 1" je dle měření 33 l.min^{-1} . [26]

$$Q_ú = Q_{kohout} \cdot t_ú \quad (5)$$

kde $Q_ú$... objemový průtok vody pro údržbu [l.den^{-1}]

Q_{kohout} ... maximální objemový průtok zahradního kohoutu [l.min^{-1}]

$t_ú$... počet minut využívání vody pro údržbu [min]

$$Q_{\dot{u}} = 25 * 30 = 165 \text{ l.den}^{-1}$$

Maximální špičkový průtok (pro návrh čerpadla) pro údržbu je 33 l.min⁻¹.

Návrh čerpadla

Čerpadlo je nutné navrhnout takové, aby dokázalo dodat dostatečné množství vody i v situaci, kdy se zároveň zavlažuje a zároveň bude využívána voda pro údržbu. Z předchozího výpočtu je známá hodnota maximálního špičkového průtoku v obou případech, jejich součtem tedy získáme maximální špičkový objemový průtok celého systému – 49,38 l.min⁻¹.

Čerpadlo navrhuji od výrobce ASIO, model AS-RAINMASTER Favorite 20 – plně automatická provozní a monitorovací jednotka s čerpadlem.

Typ	Rozměry LxBxH [mm]	Síťové napětí/ příkon [V/kW]	Max. průtok [l/min]	Max. provozní tlak [bar]	Hlučnost [dB]
AS-RAINMASTER Eco 10	398x353x200	230V / 0,09W	10	3,5	48
AS-RAINMASTER Favorite 20	595x550x265	230 V/ 0,8 kW	80	2,0-4,5	35-60
AS-RAINMASTER Favorite 40	595x550x265	230 V/ 1,25 kW	110	2,0-5,5	36-65
AS-RAINMASTER Favorite 20-SC	595x550x265	230 V/ 0,8 kW	80	2,0-4,5	35-60
AS-RAINMASTER Favorite 40-SC	595x550x265	230 V/ 1,25 kW	110	2,0-5,5	36-65

Obr. 16 Parametry čerpadel ASIO [27]

Maximální průtok čerpadlem je 80 l.min⁻¹ a provozní tlak je regulovatelný v rozmezí 2,0 – 4,5 baru. [27]

Vyhovuje použití jak průtokem, tak díky regulaci i tlakem. Nebude tedy nutné tlak z čerpadla nijak dále regulovat a lze připojit přímo do systému zavlažování a na zahradní kohoutový ventil pro údržbu.

Měsíční objemová bilance

Pro měsíční objemovou bilanci počítám s průměrným úhrnem srážek ve vegetačním období pro měřicí stanici Vyškov. [28] V následující tabulce je rekapitulace vypočtených hodnot a výpočet měsíční objemové bilance dešťové vody:

Tab. 12: Měsíční objemová bilance

Potřeba vody za den: [l.den ⁻¹]	492,6
Potřeba vody za měsíc: [l.měsíc⁻¹]	15270,6
Průměrný měsíční úhrn srážek: [mm = l.m ⁻²]	56,0
Odvodňovaná plocha: [m ²]	2400,0
Měsíční množství dešťové vody: [l]	134400,0
Přebytek/nedostatek dešťové vody: [l]	119129,4

Z tabulky vyplývá, že dešťové vody je mnohonásobně více než navržený systém potřebuje, alespoň ale využije dešťovou vodu, která by jinak skončila bez využití ve vsakovacích blocích.

Návrh akumulární nádrže

Při návrhu akumulární nádrže je nutné zabezpečit provoz systému i v bezdeštném období. V tomto případě budu z ekonomických důvodů počítat funkčnost systému po dobu 14 dní bez deště. V případě delšího bezdeštného období nebudou způsobeny žádné škody, vybraná vegetace je odolná a zvládne i delší období bez závlahy.

Tab. 13: Návrh akumulární nádrže

Potřeba vody za den: [l.den ⁻¹]	492,6
Počet zabezpečených dní [den]	14,0
Celková potřeba vody [m³]	6,9
Navržená velikost akumulární nádrže [m³]	6,3

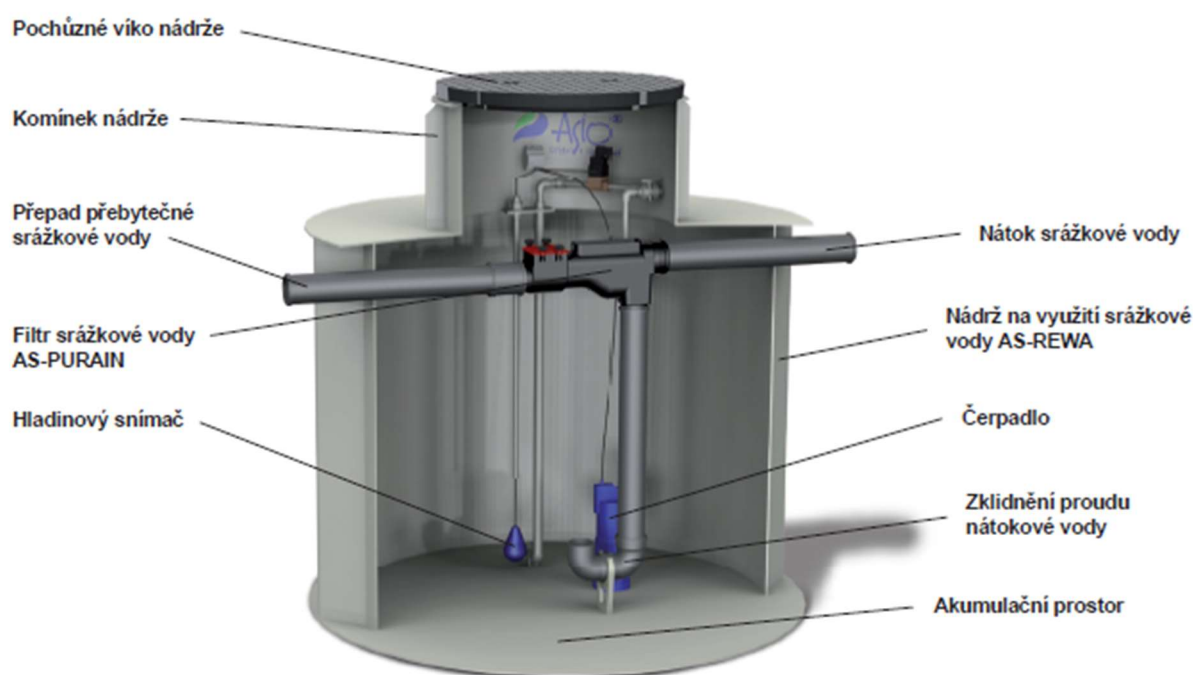
Z ekonomických důvodů navrhuji objem akumulární nádrže 6,3 m³, je to nejmenší akumulární nádrž výrobce ASIO, nejbližší větší nádrž má objem 7,2 m³, a to je pro tento systém zbytečně předimenzované. Proto bude počet zabezpečených dní snížen na 13. Typ akumulární nádrže je ASIO AS-REWA kombi 6EO.

Jedná se o komplexně vystrojenou nádrž na vodu pro zachycení a využití dešťové vody. V jednom celku zajišťuje filtraci srážkové vody, její akumulaci.

Nádrž AS-REWA Kombi je vybavena mechanickým filtrem AS-PURAIN, ponorným tlakovým čerpadlem pro distribuci dešťové vody.

Tento typ nádrže pro akumulaci dešťové vody je vybaven filtrem srážkové vody AS-PURAIN a zklidněním proudu nátokové vody. Nádrž AS-REWA Kombi je doplněna o zařízení AS-RAINMASTER, která umožňuje čerpání a rozvod dešťové vody.

Plastová nádrž na srážkovou vodu AS-REWA Kombi



Obr. 17 Nádrž AS-REWA Kombi [23]

7.6 REKAPITULACE FUNKCE SYSTÉMU

Celý systém musí splnit základní požadavek stavebního úřadu, a to je nenavyšování odtoku do příkopu, aby se nezahltil propustek pod železnicí.

Dešťová voda je svedena svodným potrubím ze střechy a zpevněných ploch do odlučovače olejových látek a dále do akumulární nádrže. K akumulární nádrži je připojeno čerpadlo s automatickou řídicí jednotkou, které zajišťuje funkci závlahového systému a systému pro eventuální údržbu techniky. Tímto je dešťová voda smysluplně využita a neodtéká „jen tak“ z pozemku.

Z akumulární nádrže přebytečná dešťová voda pokračuje do vsakovacích bloků, kde je zajištěna její retence a vsakování. Z důvodu nízkého koeficientu vsaku je ve vsakovacích blocích regulovaný odtok, kterým dešťová voda postupně vytéká do příkopu v množství, které nepřekračuje původní odtok z pozemku a tím je splněn požadavek stavebního úřadu.

8 ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem v teoretické části rozdělil odpadní vody a zaměřil se podrobně na dešťové vody. Detailně jsem popsal jejich úpravu a akumulaci, a také jsem rozebral legislativu k nakládání s dešťovými vodami spojenou. Získané poznatky jsem využil k řešení zadaného úkolu.

V praktické části jsem vyřešil možnosti nakládání s dešťovou vodou na pozemku v obci Hodějice, kde je plánována výstavba výrobní haly. Díky výstavbě je na střeše a zpevněných plochách zvýšeno množství dešťové vody. Stavební úřad stanovil jako podmínku pro získání stavebního povolení vyřešení nakládání se zachycenou dešťovou vodou. Proto praktická část řeší převážně její likvidaci, ale i možnost praktického využití pro zavlažování zelených ploch a údržbu zařízení. Tímto se voda efektivně využije s minimálními finančními požadavky, zároveň zůstane na místě vzniku a tím dopomůže k ochraně proti povodním a ochraně hladiny podzemní vody.

Jak vyplývá z legislativy a následných požadavků stavebních úřadů, je nutné se řešením odtoku dešťových vod zabývat.

Myslím si, že je co nejdříve nutné se začít chovat k vodním zdrojům zodpovědněji, nejen co se týká dešťové vody, u které je velké množství využití, ale i dalších odpadních vod, které produkujeme a bez využití „vyhazujeme“.

Zkusme se všichni zamyslet, jak nyní formujeme naši budoucnost a budoucnost dalších generací a snažme se náš nejcennější zdroj – vodu – využívat efektivně a zodpovědně.

9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN 75 6780. Využití vyčištěných šedých a srážkových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Praha: ČNI, 2013
- [2] ČSN EN 1085. Čištění odpadních vod – Slovník. Praha: ČNI, 2007
- [3] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (I) - kvalita a čištění. [online]. 2007 [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3902-vyuzivani-destovevody-i-kvalita-a-cisten>
- [4] MEA Water Management s.r.o. Vsakování čištěných vod [online]. 2015 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/12262-vsakovani-destovych-vod>
- [5] Edu/watercycleczech.html. Ga.water.usgs.gov [online]. 2011 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleczech.html>
- [6] HOLTANOVÁ, Eva; SKALÁK, Petr. Dlouhodobý-úhrn-srážek [online]. 1990 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/images/sra6190.gif>
- [7] UNISORT s.r.o. Systémy pro využití dešťové vody [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.stavcentrum.cz/voda/>
- [8] SAMEK, Ondřej. Hospodaření s dešťovou vodou podle zákona – jak se dotýká stavebníků v praxi? [online]. 2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10517-hospodareni-s-destovou-vodou-podle-zakona-jak-se-dotyka-stavebniku-v-praxi>
- [9] DVOŘÁKOVÁ, Denisa. Využívání dešťové vody (II) – možnosti použití dešťové vody a části zařízení. [online]. 2007 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>
- [10] LANGAROVÁ, Silvie. Podle jakého zákona je povinnost hospodaření s dešťovou vodou definována pro stavebníky? [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.pocitamesvodou.cz/otazky-a-odpovedi/13-podle-jakeho-zakona-je-povinnost-hospodareni-s-destovou-vodou-definovana-pro-stavebniky/>

- [11] REXCOM s.r.o. Systémy na retenci, vsakování a drenáž dešťové vody a biologické čištění domovních splašků [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <http://www.rexcom.cz/31698/retence-a-vsakovani-vody/>
- [12] PLOTĚNÝ, Karel. Využití šedých a dešťových vod v budovách [online]. 2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/10121-vyuziti-sedych-a-destovych-vod-v-budovach>
- [13] ASIO NEW, spol. s r.o. Využití dešťových vod [online]. 2004 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/2115-vyuziti-destovych-vod>
- [14] ČSN 75 9010. Vsakovací zařízení srážkových vod. Praha: ČNI, 2012
- [15] GLINWED s.r.o. Využití dešťové vody III. - filtrace a čerpadla [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.ceskykutil.cz/vyuziti-destove-vody-iii-filtrace>
- [16] ASIO s.r.o. AS-GW/AQUALOOP [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-gw-aqualoop>
- [17] TUHOVČÁK, Ladislav; ADLER Pavel; KUČERA Tomáš; RACLAVSKÝ Jaroslav. Vodárenství: A – úprava vody: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia. Brno, 155 s. Studijní opora. FAST VUT.
- [18] IWA Water Wiki. Information resource & hub for the global water community. Sedimentation Processes [online]. 2009 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/SedimentationProcesses>
- [19] WAVIN OSMA s.r.o. Nové odlučovače ropných látek Oil Stream Centaro NS [online]. 2013 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/inzenyrske-site/nove-odlucovace-ropnych-latek-oil-stream-centaro-ns_105529.html
- [20] CASIDAY, R.; NOELKEN, G.; FREY, R. Treating the Public Water Supply: What Is In Your Water, and How Is It Made Safe to Drink?. 1999 [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: http://www.chemistry.wustl.edu/~courses/genchem/Tutorials/Water/151_T3_05_water.pdf

- [21] TREŠKA, Michal. Jaké problémy vody se řeší nejčastěji? [online]. 2014 [cit. 2018-05-10] Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/11321-jake-problemy-vody-se-resi-nejcasteji>
- [22] Water_sanitation_health/rainwater [online]. 2010 [cit. 2018-05-10]. Who.int. Dostupné z: http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/rainwater.pdf
- [23] ASIO s.r.o. [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/as-rewa>
- [24] Profigrass s.r.o. [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [http://www.toro-zavlahy.cz/cs/produkty/kapková-zavlahy](http://www.toro-zavlahy.cz/cs/produkty/kapкова-zavlahy)
- [25] The New York Times Company [online]. 2018 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/2018/02/20/world/africa/cape-town-water-day-zero.html>
- [26] IBC redukce s.r.o [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-20]. Dostupné z <http://www.ibcredukce.cz/ventily-info/>
- [27] ASIO s.r.o. [online]. Rok neznámý [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: http://www.asio.cz/?download=_/materialy-as-rewa/as-rewa-cz-_prospekt-_pdf
- [28] Podnebí Československé socialistické republiky: tabulky. Hydrometeorologický ústav. 1961

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q_0	... objemový průtok dešťové vody [l.s^{-1}]
Q_1	... objemový průtok dešťové vody po stavbě [l.s^{-1}]
A_i	... odvodňovaná plocha [m^2]
Ψ_{celk}	... celkový součinitel odtoku (získaný váženým průměrem) [-]
A	... půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]
Ψ	... součinitel odtoku dešťové vody [-]
i	... průměrný úhrn srážek [$\text{l.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$]
Q_r	... rozdíl objemového průtoku dešťové vody před stavbou a po stavbě [l.s^{-1}]
A_{red}	... redukováná odvodňovaná plocha [m^2]
A_{vsak}	... vsakovací plocha vsakovacího zařízení [m^2]
Q_{vsak}	... vsakovaný odtok [$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$]
f	... součinitel bezpečnosti vsaku [-]
k_v	... koeficient vsaku [-]
V_{vz}	... retenční objem [m^3]
h_d	... úhrn srážek [mm]
t_c	... doba trvání srážky [min]
A_{vz}	... plocha hladiny vsakovacího zařízení [m^2]
T_{pr}	... doba prázdnění vsakovacího zařízení [hod]
Q_z	... objemový průtok závlahové vody [l.den^{-1}]
Q_{kap}	... objemový průtok jednoho kapkovače [l.hod^{-1}]
i_k	... počet kapkovačů [ks]
t_z	... počet hodin zavlažování za den [hod]
Q_u	... objemový průtok vody pro údržbu [l.den^{-1}]
Q_{kohout}	... maximální objemový průtok zahradního kohoutu [l.min^{-1}]
t_u	... počet minut využívání vody pro údržbu [min]

SEZNAM PŘÍLOH

1. SITUACE
2. DETAIL ZAPOJENÍ
3. ÚLOŽENÍ VSAKOVACÍCH BLOKŮ
4. AKUMULAČNÍ NÁDRŽ